雙　月　刊

核能簡訊

NUCLEAR NEWSLETTER

NO. 152
2015 FEBRUARY

請問，未來的電哪裡來？
全國能源會議之分區討論會記實

聯合國UNSCEAR 二〇一三報告書概要

第十四屆海峽兩岸核能學術交流研討會

一〇三年度零跳機 再創我國發電量史上新高

日本批准高浜核電廠反應爐重新啟動

比利時政府批准核電廠延役



核能簡訊 NUCLEAR NEWSLETTER

NO.152 雙月刊

FEBRUARY 中華民國一〇四年二月號

熱門話題

專題報導

特別報導

讀者論壇

核災應變問與答

核能脈動

核能新聞

出版單位：財團法人核能資訊中心
地　　址：新竹市光復路二段一Ｏ一號研發大樓208室
電　　話：（03）571-1808
傳　　真：（03）572-5461
網　　址：http://www.nicenter.org.tw
E-mail：nicenter@nicenter.org.tw
發 行 人：朱鐵吉
編輯委員：李四海、李清山、汪曉康、陳布燦、陳條宗、劉仁賢、謝牧謙、簡福添（依筆畫順序）
主　　編：朱鐵吉
文　　編：鍾玉娟、翁明琪、林庭安
執　　編：羅德禎
設計排版：長榮國際　文化事業本部
地　　址：台北市民生東路二段166號6樓
電　　話：02-2500-1175
製版印刷：長榮國際股份有限公司　印刷廠
行政院原子能委員會敬贈　廣告
台灣電力公司核能後端營運處敬贈　廣告

編者的話

2014年11月12日APEC高峰論壇在北京舉行，會中最受世人矚目的就是美國總統歐巴馬與中國總書記席近平，為兩國共同減少二氧化碳排放協議握手宣示的畫面。雖然兩國的減碳目標可能難以達成，但是這項協議的政治宣示意義大於實質意義，也有鼓勵其他國家跟進的效果。

這世界兩大強權的碳排放量占全球45%，如果真能聯手降低碳排量，將是人類之福。中國承諾2030年時碳排將達最高峰，之後不再增加，化石燃料占全部能源比重也將在2030年由90%降至80%。美國則承諾在2025年碳排將較2005年的基準下降26%-28% 。

我國也訂有減碳目標，2020年時降為2005年水準，2025年時降為2000年水平。目前正在進行的第4次全國能源會議，各地區的分區與團體討論會已經結束，1月26-27日召開全體大會。根據經濟部統計，從2014年9月至今，從資訊徵求、釐清到討論，產出1,012則客觀背景資訊提供全國民眾參考。但是，只要仔細耙梳閱讀這些資料，會發現內容不盡正確、敘述前後不一致，甚至有未經證實的數據，讀後令人混淆難懂、無所適從。

再追溯歷屆全國能源會議的過程與結論，對於各種能源利用的立場並不客觀公正，有輕核能、重化石能源與再生能源的傾斜現象。全國能源會議的結論是訂定國家能源政策的重要依據，如果執政團隊不能客觀公正的面對各種能源選項，要如何尋求對我國未來最適合的能源組合？未來乾淨的電力哪裡來？

台灣有98%的能源必須依賴進口，在自產能源嚴重不足的情況下，我們沒有條件放棄任何一種可利用的能源。依據《沒人敢說的事實：核能、經濟、暖化、脫序的能源政策》（陳立誠著）統計，目前「穩健減核」及「節能減碳」是我國能源政策的兩大支柱，如果全面施行，只剩燃氣發電一途；再10年後我國發電成本每年將暴增2,500億元。全國800萬戶，每戶平均負擔3萬元，許多國人認為能源政策事不關己，絕非如此。基礎建設方向錯誤，影響至少一個世代，錯誤能源政策對國家經濟的長遠影響將超過8兆元。

眾人惟有面對殘酷的現實，透過理性的思辯，規劃出合理的能源配比，才能免除可預見的這場災難。

全國能源會議之分區討論會記實

請問，未來的電哪裡來？

文．編輯室

於今（2015）年1月舉行的全國能源會議，自去年9月起即開始總共4個階段的前置作業。全國能源會議的目的為因應未來國內外政經與能源情勢，以及核四封存後我國將面臨的能源供應問題，並共同研商我國未來電力穩定供應的策略與作法。目前「公布」、「徵求」、「釐清」前3個階段已完成，自去年12月11日開始進入第4階段－「討論」，即於各區域分別舉辦共11場的分區討論會議，徵詢各團體與市民的意見。目前幾場分區會議下來，除了一般民眾之外不乏各方面專業人士出席會議，就經濟部能源局提出的3個議題，與將面臨的問題以及因應策略簡報，一同討論並提出建議：

議題一：需求有效節流

1.未來能不能限制民生用電不增加？

2.如何能發展產業，又能抑制用電不成長？

根據國際能源總署（International Energy Agency，IEA）的預測，在現行政策情境下，2011-2035年全球電力需求平均成長率為2.5%；我國根據整體經濟展望、產業發展策略、人口、電價、氣溫等變數預估全球整體用電需求，2014-2030年全國電力需求成長率為2.29%。雖然電力需求還是逐漸上升，但我國的整體電力密集度（即每產生一單位國民生產毛額所需投入的電力，為電力生產力之倒數）近幾年有下降的趨勢，代表我國自2005年起即逐年消耗更少量的電力來產生一單位的GDP，2005-2012年的電力密集度成長比為-16.2%。

2012年主要國家各部門用電占比如表1，我國由工業用電占最大宗，超過整個國

表 1. 2012 年主要國家各部門用電占比

	台灣	美國	德國	日本	韓國	英國	法國
工　業	53.2	22.7	43	29.9	52.1	30.8	26.3
住　宅	17.9	36.9	26.1	31.1	13.3	36.1	36.5
服務業	19.4	35.5	28.6	36.1	31.7	30.6	32.1
運　輸	0.5	0.2	2.3	2	0.5	1.3	2.9
其　他	8.9	4.7	0	0.8	2.5	1.2	2.2

資料來源：OECD iLibrary，工研院 IEK 整理

家的一半，但電力密集度下降幅度大，與其他主要國家的工業部門近10年的電力密集度相比，我國年均降幅接近4%，日本、美國、德國降幅都介於1.1%-1.5%之間，韓國則年均成長0.6%。然而，在工業用電逐年下降的情況下，民生住商用電則是逐年攀升，2008年後人均用電量普遍提高，顯示出以電力取代其他能源的情況增加。此外，住商部門用電量與家庭戶數及可支配所得呈同步成長趨勢，但自2005年後，電力使用量成長速度已趨緩，平均每戶用電量及單位所得用電量逐步改善。而服務業與運輸業用電量趨勢近年則呈反向，服務業電力密集度於2005年的109.2（度／千美元）逐年降低至2011年的97.1，低於美、韓、中國大陸等主要國家，代表我國比這些國家投入更少量的電力產生一單位的GDP；運輸用電則因捷運及高鐵陸續通車，導致用電量大幅成長，2013年的運輸用電超過12億度，但其電力消費僅占我國總用電消費的0.6%。

我國因相對較低的電價導致早期部分高耗能產業過度使用電力，整體電力消費成長幅度高於GDP的成長幅度，故電力生產力呈下降趨勢（電力密集度則呈上升走勢），隨著多年來政府致力於推動節約能源相關政策措施，2000年後電力生產力轉而上升（電力密集度則呈緩降）。相較於上述主要國家，我國電力生產力位屬中等，未來若要有效抑制電力消費量，政府須建立合理的電價機制，也須從供應端提升能源效率及從需求端實行節能措施，以提升電力效率。

除了調整電價之外，節能措施也能抑制用電量上升。日、韓、紐西蘭等國家甚至成立行政法人機構，專職進行國家的節能管理工作，以有效彌補政府人力不足並擴大節能工作的參與面，但我國目前並未設置任何專責單位協助辦理相關事務。此外，或許能參考美、日、韓等國家透過執行節能政策（例如：能源公用事業負擔節能義務制度，EEO）或藉由需求面管理來實施節能。

電力成長率與經濟成長率有直接的關係，因此在電力零成長的情況下同時要發展經濟不是一件容易的事。此外，電力零成長並不是常態，根據統計資料顯示，除非遭受如2009年的金融海嘯或經濟大蕭條，幾乎不會出現電力零成長的現象，也沒有國家會為了追求電力零成長而放棄經濟發展。大多數國家都預估未來會因經濟發展而導致電力成長，僅少數國家如日、德、瑞士等，在預估GDP低成長的情況下（0.8%-1.1%）才有可能用電零成長。根據台電的「長期負載預測10302案」與工研院研發的「台灣2050能源供需情境模擬器」分析報告，假設在2011-2035年間我國平均GDP成長率3.14%，每年用電需求成長率仍會朝正向成長，要創造額外節電成效，必須突破現有框架。

針對議題一的因應策略，會議出席者提出的重點相關建議與質疑如下：

1.調整產業結構

我國為獨立島國，且工業大於服務業與金融業，用電量當然有一定的額度，建議能輔導我國產業升級與轉型。

問題：產業轉型不代表一定可以節能與降低電力成長，目前不論德、美、日等國家仍將製造業視為一國主力，由此可知使用產業轉型抑制工業用電量並不容易，

做比說難。

2.電價合理化

問題：電價會影響用電需求，提高電價將導致產業外移、民生壓力加重，降低電價則必須使用發電成本低廉的核能或是燃煤，浮動電價法案仍停滯於立法院，智慧電表除了成本高之外還面臨許多目前未能解決的問題，而調整電價會受到民意阻擋。電價應合理反應成本，但不應針對民生用電，要有全方面的考量，政府該如何抉擇？

3.研議節能金融財稅誘因

除了增收碳稅或能源稅之外，設立懲罰措施或許更有效果。

4.加強研發節能科技

問題：現有工研院綠能所長期投入節能研究工作，然而目前受到節能成本逐漸上漲下推動工作已達極限，再成立專責節能單位不切實際。此外，提升技術與節能效益需要成本，甚至可能影響產業競爭力。

5.加強節能教育與宣導

完善且正確的能源教育建議應從小學開始，包含能源的風險、成本與效益等。同時加強民眾節能與能源教育，避免政策受到民粹牽制，影響大眾。

問題：除了調整電價會遇到民意阻擋，我國媒體時常因要爭取獨家而報導根本未受證實的能源訊息，加上非專業人士的各種危言聳聽，導致多種錯誤甚至誇張的資訊流入民間誤導民眾，政府與台電該如何處理並如何與民眾溝通？

6.促進農業節能永續經營

考量農業機具昂貴，推動轉型投入成本較高，如果用電占比沒有工業高，節能推動重點應再評估。

7.成立專責法人中心

設置能源資訊中心推廣正確的能源資訊，並澄清謠言。正確的能源資訊揭露比節能更重要，政府必須讓民眾了解能源如何來去，促使全民都能熟悉我國最新能源狀況，確保能源、經濟與環境能平衡永續發展。除此之外，也應探討不同能源所造成的外部成本，例如使用「平均每發一度電所造成的人命損失」來探討各種能源所產生的開採、汙染、廢料問題，並比較這些問題將會造成多少人命損失，較能客觀的呈現各種能源的優缺點。

8.研議電力公用事業推動節能義務規範並強化需求面管理

問題：應提出具體的期程與改善作法，還需考慮政策、社會、法令等條件是否可行，且電力事業在缺乏法令授權下，如何能承擔節能義務？

議題二：供給穩定開源

1.台灣再生能源到底還可以增加多少？

2.燃煤、燃氣及核能要如何選擇才符合全民利益？

3.什麼才是合理電價？

我國目前使用的再生能源為太陽能、風力、地熱、生質能、水力、海洋能（仍屬測試階段）及氫能燃料電池（來源、技術、設備、價格都還未確定），2014年6月再生能源累計裝置容量達387萬8千瓩，2013年再生能源發電量為108億度，占我國總發電量的3.43%。2014年前半年累計發電量為50.29億度，其中以慣常水力為大宗，其次為風力、廢棄物、太陽光電及生質能。

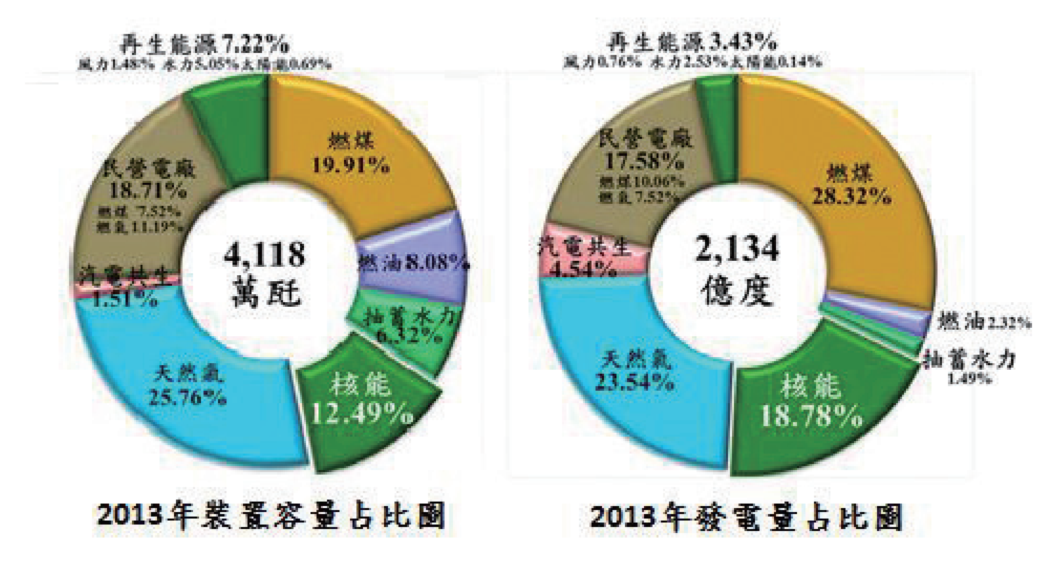


圖 1. 2013 年裝置容量與發電量占比圖

太陽能發電包括「聚光型熱發電系統」以及「太陽光電發電系統」等形式，聚光型熱發電適用於日照豐富地區，我國擁有發展太陽能潛力，內政部與經濟部都致力推動我國太陽能發電的發展。2014年行政院核定太陽光電2030年發展目標由原本310萬瓩倍增至620萬瓩；但因散射光多，現階段以太陽光電發電為主軸。此外，太陽能發電成本雖然逐年下降，每年平均降幅約13%，尤其近5年費率下降幅度高達一半，但相較之下發電成本仍高，一度電約為新台幣4.9-7.1元。再者，太陽光電有日照及土地的限制，未來該如何提升屋頂與土地利用率是發展太陽能發電的關鍵。

風力發電可分成「陸域風力」以及「離岸風力」發電，陸域風力發電在2013年總裝置容量占全國總發電量的0.77%，總裝置容量為61.4萬瓩。根據國際能源總署所預估，2020年國際發電成本約為新台幣1.44-3.45元/度；離岸風力發電成本根據英國能源氣候變化署的預估，2030年時一度電將介於新台幣4.9-6.9元間。政府於2012年發布「風力發電離岸系統示範獎勵辦法」來推動離岸風力發電，未來則期望能推動千架海陸風力機計畫，增加風力發電量，但陸域風力發電有區域的限制，離岸風力發電則仍在起步階段，同時也需面臨成本增加、低頻噪音、生態系統破壞等問題。

地熱發電為基載電源的一種，我國位處太平洋火山環帶，蘊含地熱資源，且國際開發技術越臻成熟，若具投資效益時可加速推廣，但成本新台幣4.9元/度仍屬偏高。地熱系統可依開採型態分為「傳統地熱系統」以及「加強型地熱系統（即在炙熱岩層製造人工裂隙，並注入流體取熱發電）」，排除一些特殊區域，傳統地熱發

電合計約可達15萬瓩。而加強型地熱發電因較新穎，目前國內外技術尚未成熟，但預估未來可開發量比傳統型地熱發電高出許多。能源局已於2012年在宜蘭清水地熱區完成井場復生與研發，並建置50瓩示範發電系統，並進行1千瓩清水地熱發電整建、營運、移轉案。但我國地狹人稠，可發展的地熱發電較國際差，且成本也偏高，推動有其困難。

我國生質能發展現況包括「廢棄物發電」以及「生質物發電」，2013年發電裝置容量分別為62.9萬瓩以及11.1萬瓩，占總發電裝置容量的1.5%。但近幾年因垃圾量銳減，焚化廢棄物發電已接近飽和，因此將使用生質燃料與化石燃料混燒，且新設的生質燃料電廠具有競爭力，是國際上生質電力發展重點之一。因發電成本介於新台幣2.9-3.5元／度，加上發電容量因數可達80-90%，有作為基載電力的潛力，期望以國內生質料源為基礎，廢棄物發電及生質能發電裝置容量能於2030年達到79.3萬瓩與15.7萬瓩，共計95萬瓩。但我國生質能發電受限於生質能資源較為不足，必須提升自主料源的利用以及技術的擴散，如此生質能發電才有發展空間。

水力發電雖占超過我國再生能源發電的一半，但因受我國地形、地質、水文氣象以及環保因素等限制，優良水力發電廠址本來就不多，且大多都已開發利用。我國海洋能發電發展仍在中小型系統開發階段，已完成20瓩波浪發電機組並進行海上測試，之後再視國際技術指標與國內技術能量，發展海流與海洋溫差發電。海洋能發電初期設置成本高，但開發成本將隨著大型化電廠的開發下降，根據國外的推估，海洋能發電發展至50百萬瓦經濟規模時，設置成本方具開發效益。

再生能源除了目前平均發電成本仍較傳統能源高之外，多數再生能源發電受天候、土地利用、生態影響等自然環境所限制，易造成電網不穩定，因此在我國還未發展出更先進的儲能技術前，較難作為基載電力，遑論還有料源多寡、政府財政負擔等因素。另外，政府於2014年7月1日起推動的「自願性綠色電價制度試辦計畫」，因仍處於推廣初期，還未見任何效果。

我國非再生能源的發電則是依靠燃煤、燃氣及核能發電。2013年燃煤發電裝置容量合計約1,129.7萬瓩，約占總裝置容量的27.4%；發電量則為819億度，占總發電量的38.4%。燃煤發電排出的二氧化碳為5,678萬噸，占台電火力電廠碳排放量的7成。

而我國2013年燃氣發電裝置容量為1,521.7萬瓩，占我國總裝置容量的37%；發電量則為663億度，占總發電量的31.1%。目前我國已建有永安及台中2座液化天然氣接收站，總營運量共約1,050萬噸/年，台中接收站的擴充營運量計畫工程將於2018年完工，到時2座天然氣接收站的總營運量將可達1,250萬噸/年。除此之外，政府正規劃於北部地區興建第3座接收站，計畫於2024年興建完成。

燃煤與燃氣發電雖然能提供穩定電源，但燃煤電廠屬各類能源碳排係數較高者，我國燃煤機組雖然都有裝設特殊設施或採用排碳技術，但目前尚缺乏可行的商業化減量技術。除此之外，燃煤發電廠自規劃至商轉「至少」需12年的時間，耗時甚長且具鄰避效應，民眾不願電廠興建於

其鄰近地區。而燃氣發電則有儲存槽容量不足導致周轉天數太低，影響供電穩定的缺點。我國天然氣幾乎全部依賴進口，除了價格受國際油價等外在因素影響之外，我國進口天然氣必須先加壓為液化天然氣，加上運輸等成本，價格高達美國天然氣的2-3倍。新建液化天然氣接收站合計時程也需8-10年的時間，非短期內即可完成，因此擴充現有液化天然氣接受站，提高卸收量並分散供應來源，是目前較佳的方式。

我國3座運轉中核電廠2013年的發電容量為514.4萬瓩，占總裝置容量的12.5％；發電量則為400.79億度，占總發電量的18.8％。因核能發電過程不會排放二氧化碳，3座核電廠從首次並聯後至2014年6月止，累積發電量已達1.12兆度，為我國減少4.4億噸至9.4億噸的碳排放。根據國際原子能總署資料顯示，我國最近3年代表設備可靠度與安全管理能力的「非計畫性能力損失因數」，與代表維護效能的「機組能力因數」均排名世界第6。但核一廠2座機組將分別於2018年12月與2019年7月、核二廠2座機組將於2021年12月與2023年3月、核三廠2座機組將於2024年7月與2025年5月屆滿運轉執照許可年限。根據美國核管會資料顯示，核電廠延役比新建機組費用低出許多，具有較高的經濟效益，因設計與容量不同，一座2部機組的電廠延役成本約介於新台幣40-200億元之間。

目前全世界有31個國家總共437座核電機組在運轉中，另還有16個國家共72座機組興建中。根據國際能源總署預估，未來使用核電的國家將增至49國；雖然也有2030年全球反應爐數目將會降至250個以下的預測，來自獨立顧問弗羅加（Anthony Froggatt）與施耐德（Mycle Schneider）



	優點	限制	系統風險
再生能源(太陽能,風電)	1) 自產 2) 發電過程不排碳	1) 大多供電不穩定 2) 較不具成本效益	(尚無法作為基載) (儲能系統尚待開發)
石油	1) 發電啟動快 2) 廠區範圍小	1) 成本較高 2) 對環境影響較大	安全存量90天
天然氣	1)啟動至全載快 2)空氣污染排放較少	1) 儲存及擴建不易 2) 成本較高	安全存量7~14天 (夏季7天)
煤炭	1) 蘊藏豐富 2) 相對便宜	CO_2與空氣汙染對環境影響較大	安全存量30天
核能	1) 相對便宜 2) 發電過程不排碳及無空氣污染	1) 核電廠安全要求高 2) 核廢料處置	1年半 (一批核燃料)

圖 2. 各種能源的優缺點比較

提出的「世界核能工業現況報告」，但目前並無研究機構報告顯示核能機組未來將呈現下降趨勢，且將目前全球運轉中（包括申請延役以及已延役）、興建中機組數量加起來，已超出250近兩倍。

因車諾比、三哩島事件，我國民眾對核能安全存有疑慮與不安。核能發電安全涉及面向極廣並具高度專業，不易對外溝通說明，導致民眾對我國核電廠安全設計及管制作為不甚了解，錯誤資訊於坊間流傳而引起對立及恐慌。而於2011年發生的福島事件更加深我國民眾對核電廠的不信任感，因日本與台灣都位處地震帶，且核電廠的耐震及海嘯牆高度、緊急應變與救援能力等沒有所謂絕對安全、絕對足夠，必須持續追蹤評估且執行補強，落實國際技術規範，強化應變整備措施。除此之外，還有很多流言仍需對民眾澄清，加強對民眾進行溝通，強化資訊透明，建立核安認知共識，

除了核電所產生的放射性廢棄物之外，醫、農、工、學、研各界也都會產生放射性廢棄物，均需妥善處置。目前低放射性廢棄物貯存於各核電廠貯存設施及蘭嶼貯存場內，最終處置場迄今尚未確定，選址作業仍在進行中。根據原子能委員會核定的「用過核燃料最終處置計畫書」，我國確認有足夠設置處置場面積的岩體。用過核燃料等高放射性廢棄物採取水池冷卻、乾式貯存（使用美國核管會核准的貯存護箱系統）、直接處置或再處理3階段的營運方式。但乾貯設施目前仍遭多數民眾反對因而未能推行，期望能成立放射性廢棄物營運專責管理單位，加強與民眾溝通，適時尋求國際技術合作交流與整合運用國內研究發展資源，來推動我國處置計畫。國際目前已有40個國家陸續啟用104座低放最終處置場，目前運轉中的低放最終處置場共有77座，位於34個國家；乾貯設施則共有124座，位於22個國家。

根據國際能源總署發布的2035年全球發電結構，化石能源占比將下降12%，風力與太陽能光電則各提升約8%，而核能與水利占比維持不變。燃煤與燃氣機組雖然可用率分別可達90%及85%以上，但有嚴重的排碳問題，每度電碳排放量約為燃氣的2倍，且燃氣成本高（僅次於再生能源）、安全存量低。而核能具穩定供電、發電過程無碳排放、低成本、擁有1.5年的安全存量。再生能源發電過程也是無碳排放，但相較之下發電成本為最高（除風力），且太陽能與風力無法24小時穩定供電，全年機組可利用率僅14%-38%，在無法開發出更有效的儲能方法前，無法取代基載電源。

各類能源都有其優點與限制，該如何選擇，除了需要考慮能否穩定供電之外，也需考量我國地理限制、成本、碳排放量以及相關減碳技術等，訂定有效的能源組合，以確保能源供給的安全性。

我國電價的制定依據電業法第60條，應以電業收入抵償其必須成本，並獲得合理的利潤，我國2013年住宅用電每度2.8624元新台幣，工業用電每度2.7057元新台幣，分別排名世界第3與第4低。費率計算公式如圖3所示。

在我國電價成本當中以燃料占比最大，隨著國際燃料價格大幅上漲的影響下，燃料成本自2003-2013年增加了166%，導致每度售電成本增加約6成。但因政府

$$\text{平均每度電價}=\frac{\text{發電費用}+\text{供電費用}+\text{售電費用}+\text{管理及總務費用}+\text{其他費用}+\text{合理利潤}+\text{所得稅}-\text{其他營業收入}}{\text{售電度數}} \quad \text{公式甲（職能別）}$$

$$=\frac{\text{個人費用}+\text{稅捐}+\text{燃料}+\text{維護費}+\text{折舊}+\text{其他營業費用}+\text{利息}+\text{合理利潤}+\text{所得稅}-\text{其他營業收入}}{\text{售電度數}} \quad \text{公式乙（用途別）}$$

為穩定物價、減緩對產業衝擊，平均每度售電單價僅增加4成，燃料成本上升並無法合理反映於最終售電價格，導致電業產生虧損，而民眾是否理解提升電價的必要性也是一大問題。

備用容量率是衡量電力系統發電端供電可靠度的指標，用來應付各種維修等電力需求變化，適用於電源開發規劃。備用容量率愈大系統供電則愈可靠，相反的可靠度則下降，甚至限電。我國因考慮發電成本最小化及電力建設不易，設定目標值為15%，每年僅容許缺電0.365天。2014年備用容量率為14.7%，美、英、韓等國電力系統規模均較我國為大，其備用容量率都在15%以上，分別為15%、20%、22%。

而基、中、尖載電力因機組特性不同，在電力系統中的理想占比也不同，其定義與占比如表2所示。而我國自2001至2013年，因基載電源一直低於基載理想占比，導致部分中載電源被挪作基載電源使用。未來在面對核四封存、既有3座核電廠屆齡除役、新燃煤機組建廠需耗時12年以上等困境，2025年基載電源占比估計將降至39.2%，電源結構將失衡。因北部地區用電需求占全國40%以上，預估2018-2025年北部電源餘裕不足，用電尖峰時需由中南部輸送電力至北部，有限電危機。

近期智慧電網以及電業自由化開始成為全球趨勢，我國政府也積極發展智慧電網，由行政院核定的智慧電網總體規劃方

表 2. 基、中、尖載電力介紹

	基載	中載	尖載
功能	需長時間滿載發電，燃料供應可靠及發電成本低	可配合負載變動調整出力	在尖峰用電期間才並聯發電，需有起、停快速的能力
容量因數[1]	90%以上	30-50%	最低者或不及 10%
典型機組	核能、燃煤	燃氣複循環	抽蓄水力、水庫式水力、氣渦輪機
理想占比（裝置容量）	55-65%	15-30%	10-15%

註 1：容量因數（capacity factor）：機組全年總發電量／（裝置容量 × 全年時數），數值愈高表示發電就愈多，績效愈佳。



圖 3. 智慧電網總體規劃

案，自2011年起分3階段於20年間推動，如圖3所示。但電業自由化因內容複雜且涉及影響層面廣，尚無法完成修法程序，目前採取逐步修法方式來推行。

針對議題二，會議出席者提出的重點相關建議與質疑如下：

1.再生能源發電

a.我國再生能源發電還不夠穩定，在儲能技術尚未成熟前，較難成為基載電力（即機組需滿足可長時間連續運轉且發電成本低的特性）。

b.增加太陽能與生質能發電比例。

c.應先解決基載供電問題，以強化再生能源發展。

根據清華大學工程與系統科學系葉宗洸教授表示，我國目前可開發再生能源只有10％，除水力及生質能較為穩定外，風力與太陽能無法作為基載電源，建議在未有能源替代方案前，將現有核電廠延役並同時開發再生能源。但未來核電廠若除役，再生能源發電無法補足電力缺口的情況下，若以燃煤或天然氣替代，須謹慎考量其後果，例如空氣汙染加重（導致呼吸道疾病與溫室效應）與國家支出增加（如日本因零核電而提高煤炭與天然氣進口，導致嚴重貿易赤字）等。

而太陽能發電雖然不會造成空氣汙染，但製作太陽能板的成本較高且壽命不長，只有約10-20年，且在降雨頻繁以及日照短的地區很難全靠太陽能供應電力，未來除非有更成熟的技術，不然仍難以穩定生產大量電源。此外，製作太陽能光電面板時，從開採原物料到面板製作完成等步驟都涉及危險化學物質，中途的「矽」精煉過程會排放二氧化碳及二氧化硫造成空氣汙染，也會產生大量的有毒物質，除了對人體有刺激性傷害外，直接排放於土地即會造成植物無法生長與水資源嚴重汙染

等。如果真要擴大使用太陽能發電，政府則需擬定嚴格的準則與措施。

生質能發電除了需要大片的土地之外，植物的種植也需要大量的肥料與殺蟲劑，植物的燃燒也會產生二氧化碳，但發電成本較低，發電容量因數可達80-90%，應有作為基載電力的潛力。

2.核電廠設置

問題：美國設置機組並未考慮設置在海邊，我國與日本福島電廠相同，機組設置在地下室是否有安全疑慮需釐清。

3.放射性廢棄物

最終處置場址仍未確定是因為只要一宣布，抗爭就隨之而來，「民眾抗爭」為此議題最要的癥結點。

4.推動綠能產業

問題：反核團體提出推動綠能產業發展，但反核人士似乎沒有支持我國綠電認購政策，是否光說不練？

5.合理電價定義

問題：合理民生電價的定義是否應是電價占家庭開支比例，而不是單純看電價高低？

6.備轉容量

問題：當備轉容量低於10%代表供電吃緊，低於6%則屬警戒，有限電機率。但民眾似乎不知我國2014年7-12月間備轉容量多次低於6%，9月甚至跌至3.5%（來源：台電公司102年每日尖峰備轉容量曲線），用電量仍如此之大如何談節能？如何談廢核？

議題三：環境低碳永續

1.在國際減碳的趨勢下，我國能源選項與減碳路徑的決策應有那些考量？

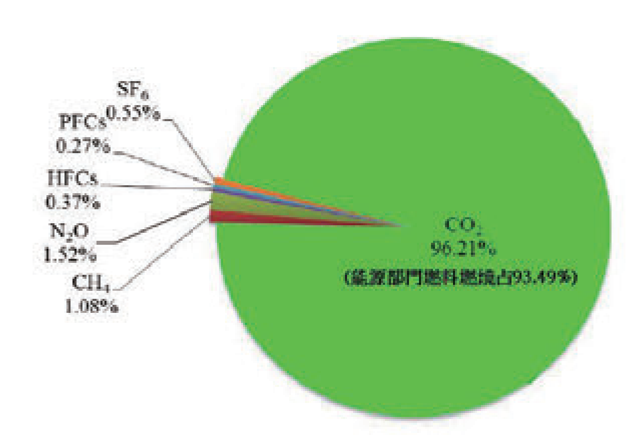


圖 4. 我國溫室氣體排放比例

2.如何評估各種能源配置的環境衝擊及因應配套？

根據聯合國氣候變化專家委員會（IPCC）發表的第5次綜合報告，如今大氣中的二氧化碳等主要溫室效應氣體濃度已達到至少80萬年以來最高，地表平均溫度已比工業革命前上升0.85°C，依此速度到21世紀末將增加至4°C。若要將地表平均溫度維持在上升2°C已內，2010-2050年全球溫室氣體排放量應減少40-70%，IPCC同時也呼籲各國應在2050年前使用再生能源、核能、氫能等低碳能源發電，改進能源效率與減少輸配系統排放量等，依各國情形採取不同比重的策略組合。

我國溫室氣體排放以二氧化碳（CO_2）為最大宗，主要來自能源部門燃燒燃料，其次依序為氧化亞氮（N_2O）、甲烷（CH_4）、六氟化硫（SF_6）、氫氟碳化物（HFCs）、全氟化碳（PFCs），如圖4所示。

我國電力供給結構以化石燃料（燃

煤、燃氣、燃油）為主，隨著經濟成長，能源消費平均年成長率約3.84%，能源消費持續增加，由於我國的產業結構（工業部門能源消費占全國將近4成）與生活方式使然，化石燃料使用量高，產生大量溫室氣體。根據國際能源總署最新發布的二氧化碳排放量統計，我國2012年由燃燒燃料產生的二氧化碳排放量為256.61百萬噸，占全球的0.81%，排行24。人均排放則為10.95噸，全球排行20；排放密集度0.32公斤CO_2／美元，全球排行50。

為了呼籲各國減少排放溫室氣體，聯合國於2008年底提出「全球綠色新政（Global Green New Deal）」的概念，推廣替代能源、再生能源、智慧電網、節能建築、相關節能產業及再生能源技術發展等，以建構一個低碳發電結構的國際社會。英國與北歐各國分別推行「氣候變遷法則（Climate Change Act）」與「綠色稅制改革」，德、日、韓、南非等國也都為了降低溫室氣體排放而做出實際的行動。

我國呼應全球減碳行動，為全國二氧化碳排放減量訂定兩階段目標：於2020年回到2005年排放量，於2025年回到2000年排放量。除此之外，我國也成立數個相關單位，蒐集研析國內外資料及召開公民座談會，依據我國經濟、社會、環境條件，規劃研擬「綠色經濟政策綱領」，並執行「國家綠能低減碳總行動方案」且逐年滾動式檢討，推動能源、產業、運輸、建築與生活方面的減量行動。

因碳排放量成長率與經濟成長率有著正向的關係，近年雖大致持平，但如果國內經濟逐年復甦（行政院主計處預估今明兩年經濟成長率為3.41%及3.51%），我國碳排放量可能再次呈現微幅上揚趨勢。為了避免受到國際抵制，建構及推動相關法規制度極為重要，目前已有溫室氣體減量法（草案）與能源稅法（草案），前者立法院已完成一讀並交付社會福利及衛生環境委員會審議；「再生能源發展條例」相關子法公告作業也已陸續完成，將考量國內外再生能源發展，適時訂定及檢討有助我國再生能源發展的相關法規、制度及補助作業。除此之外，還有多種減碳配套機制與計畫，積極推動我國減碳行動，建構低碳永續家園。

針對議題三，會議出席者提出的重點相關建議與質疑如下：

1.能源政策

節約能源是最好的能源，但不能影響產業發展及民眾福祉，應注意經濟發展與能源成長有其相依性，不可一昧追求用電零成長。另一方面，應推動核能作為低碳能源，善盡對社會與國際環保義務，以目前再生能源發展的腳步仍不能取代傳統化石能源，因此核能還是目前最佳的能源選項，應使用核能為再生能源發展爭取時間。

2.減碳目標

問題：政府訂定長久的減碳目標，但未細定逐年的目標，如此只是口號式的節能減碳，無法查核目標是否達成，等到了發現政策要跳票時如何來得及挽救？只能責怪前任政府，皮球踢來踢去。

結語

燃煤發電會有空氣汙染，天然氣發電成本太高會導致電價上漲，核能發電有發生核災的可能，太陽能發電在夜間或下雨

時只能期待隔天早上的陽光，風力發電除了時有時無之外還有飛禽所造成的威脅等等，各種能源發電都有它的風險存在。雖然再生能源發電有潛力，但以台灣的天然條件以及目前的儲能技術，短期內我們並沒有辦法依賴這些不穩定的發電方式成為基載電力，更不用說其價格是否昂貴了。

根據這次祕魯利馬氣候峰會，超過190個國家在秘魯首都利馬達成協議，為應對全球氣候變化一同制定了基本框架。國際知名組織「看守德國（Germanwatch）」在會議上公布了「2015氣候變遷績效指標」，我國在58個國家內排名52，可以說是吊車尾，排放量甚至較前一年還增加，顯現出國際組織早就盯上我國，連中美兩國都表態願意在減碳上有積極行動，但就目前我國只提出理論卻不積極執行的狀態，今年的巴黎氣候峰會正式進入「後京都議定書」時代，到時我國若遭國際鎖定該如何？

因此，在能減少碳排放，同時又能穩定發電的能源目前就只有核能。中鋼集團公司高專劉國忠先生表示：「認清『氣候變遷』與『核能發電』的風險，將兩者做比較以及運用『兩害相權取其輕』的觀念，即可說明為什麼要擁核。」日本身為311福島事故的最大受災戶，因嚴重貿易赤字而於近期重啟核電廠，顯現出廢核的背後牽連甚廣，並不如想像中那般容易。

經濟部此次舉辦的全國能源會議分區場，會議簡報內容紊亂、前後不一，甚至使用未經證實的數據等，讓出席會議的眾專業人士看不下去一一提出點破，如此看來如何讓人不擔心？政府與台電公司是否更應加強對大眾的能源教育，即時更新我國目前能源及用電現況，強勢的打擊檯面上各種未經過證實的流言，而不是持續的讓這些錯誤的資訊誤導一般大眾，該如何與民眾理性溝通事實且如何取得民意支持，才是政府與台電目前該認清的重點。

延伸閱讀：

1. 全國能源會議分區場完整簡報與會議紀錄：http://2014energy.tw/zoning_meeting.php
2. 全國能源會議分區場完整影音檔YouTube線上觀看：https://www.youtube.com/channel/UCizvaQvnA9TDyG8IBW6REsg
3. 各種發電的外部成本：http://www.gauss.com.tw/dyu/method.htm
4. 有關太陽能發電造成的各種危害請參閱：科技新報「太陽能真的夠『綠』嗎？還是包裹著糖衣的毒藥？」原文網址：http://technews.tw/2014/08/29/solar-energy-problem/

資料來源：
全國能源會議,
http://2014energy.tw/index.php

聯合國 UNSCEAR 2013 報告書概要

文．朱鐵吉

本報告書是以2012年10月以前公開的福島事故資訊為主，經綜合整理後對外公布。是向聯合國總會所提的報告書概論，即科學附屬書A（封面如圖1），共有8個章節及6部分的附錄，以下為各章概要。



圖 1 UNSCEAR 2013 報告書封面

第一章　序言

2011年福島事故發生後，聯合國輻射影響科學委員會（UNSCEAR）於當年5月召開第58屆會議，眾委員決議需要針對福島事故整理一份報告書，同年9月聯合國大會表決給予全力支持。共有25個國家以及全面核子測試禁令條約組織（Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization Preparatory，CTBTO）、國際原子能總署（IAEA）、聯合國糧食及農業組織（Food and Agriculture Organization of the United Nations，FAO）、世界衛生組織（World Health Organization，WHO）、世界氣象組織（World Meteorological Organization，WMO）等國際機構，都提供數據給此報告書。此外，為了整理分析已有的數據，共有18個國家派遣80名專

家組成5個團隊，分工解析數據並撰寫報告。

第二章　事故經過時間的推敲

事故本身的發展，釋放出放射性物質至環境，以及民眾受到輻射曝露的情形，牽涉到公眾曝露和職業曝露。本報告書的目的為確實闡述輻射曝露的水平與影響，深入檢討並明確表明事情真相。本章的數據是由日本和各國，以及眾多國際機構所提供（實測值與各種報告），以此為基礎究明事故的進展與放射性物質釋出環境的情形，並針對各種防護措施做出報告。

第三章　放射性核種的釋放、擴散及沉積

放射性核種的釋放途徑可分為大氣層和海洋環境兩大類。大氣中的情況在車諾比事故後，UNSCEAR於1988年報告書中曾有詳細檢討的經驗。至於事故後釋入海洋環境的放射性核種的狀況，UNSCEAR則初次試著去探討。

釋放至大氣中的放射性物質主要是碘131，有100-500 PBq（拍貝克，即10^{15}貝克），銫137有3-6 PBq。另一方面，流入海洋環境的碘131為10-20 PBq，銫137為3-6 PBq，藉由地下水間接流入海洋，推測碘131有60-100 PBq，銫137有5-8 PBq。這些數據與車諾比事故比較，碘131為車諾比的10%，銫137為20%。

第四章　公眾曝露的劑量評估

成人（20歲）、嬰兒（1歲）的全身有效劑量和甲狀腺吸收劑量的平均值，事故後為預防曝露而實施避難的地區、福島縣及其他地區，鄰近的縣市共分成4類如

表 1. 福島事故後 1 年間居民的有效劑量和甲狀腺吸收劑量

居住地	有效劑量（毫西弗 mSv）		甲狀腺吸收劑量（毫戈雷 mGy）	
	成人	嬰兒	成人	嬰兒
避難區域				
警戒區域 [1]	1.1-5.7	1.6-9.3	7.2-34	15-82
計畫警戒區域 [2]	4.8-9.3	7.1-13	16-35	47-83
非避難區域				
福島縣（避難區域以外）	1.0-4.3	2.0-7.5	7.8-17	33-52
鄰近的縣 [3]	0.2-1.4	0.3-2.5	0.6-5.1	2.7-15
日本其他縣市	0.1-0.3	0.2-0.5	0.5-0.9	2.6-3.3

資料來源：UNSCEAR 2013 年報告書第 I 卷附屬書 A，表 10
註：1 雙葉町、大熊町、富岡町、楢葉町、廣野町，以及南相馬市、浪江町、一部分田村市、川內村、一部分葛尾村
2 飯館村，以及南相馬市、浪江町、川俣町、一部分葛尾村
3 宮城縣、群馬縣、栃木縣、茨城縣、千葉縣、岩手縣

表1。計算劑量時，體內曝露不考慮屋內屏蔽的防護效力，且假設未實施攝食管制前的食品均已超過限值；實施攝食管制後，亦假設仍有持續攝食含高放射性水平的食品，以此方式來推算劑量。

此外，體外曝露是以屋內屏蔽視為屏蔽效應不高而推算，體內曝露及體外曝露均採取保守的評估方式。

這些估算的劑量具有高度不確定性，所使用的模型估算避難區域的不確定性有4至5倍過小或過大的評估值；避難區域外個人劑量的不確定性則有平均劑量0.3至3倍的變動幅度。至於甲狀腺則是用放射性碘的估算模型來推算其劑量，但與實測值比較，最大評估值的差距高達5倍以上。表1為日本福島事故後1年間，居民的有效劑量和甲狀腺吸收劑量，圖2則為表1所示的警戒區域對照圖。

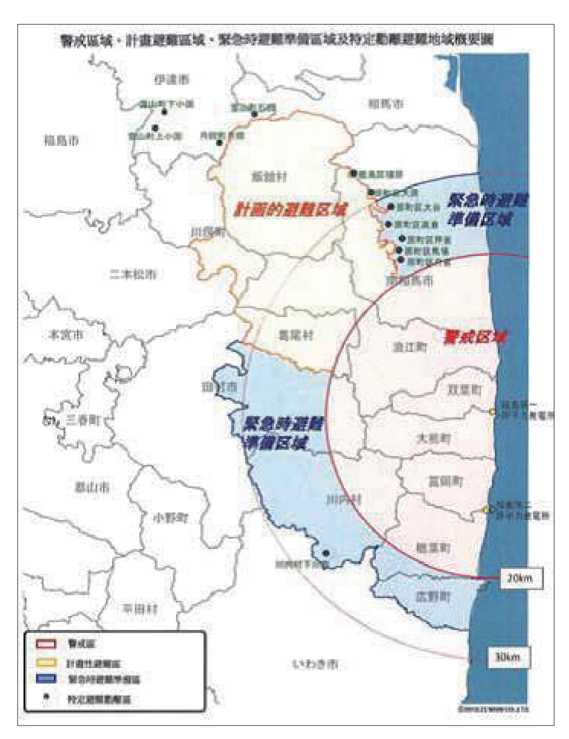


圖 2. 核災發生時福島縣警戒避難區域概要圖

第五章　作業者的劑量評估

執行緊急作業的工作人員並沒有使用模型推算，與第四章描述的公眾曝露劑量不同，以個人劑量計的實測值來評估，福島一廠廠區內的工作人員包括協力廠商人員，至2012年4月為止，工作人員達2萬1,776人。由日本提供的數據指出，體內及體外曝露的劑量（有效劑量）最高者為680毫西弗（mSv），約有6位工作人員超過250毫西弗。

以UNSCEAR提供的工作者劑量評估法，進行檢驗證明工作，體外曝露使用個人劑量計，以及體內曝露的偵測儀器（全身計測器、甲狀腺的偵測器）等，針對偵測器的構造、校正以及評估方法均重新校驗，確認其劑量數據的可靠性。

日本厚生勞動省2013年7月對東京電力公司從事緊急作業以及協力廠商的工作人員，重新評估其曝露的劑量並取得最新數據，本報告來不及使用最新數據作詳細的評估，但對本報告書論述的目的影響不大。

此外，除了東京電力公司及協力廠商的工作人員以外，事故後從事放水作業的自衛隊人員、消防員、警察等，亦有提供數據供劑量評估。

第六章　健康影響

本章描述公眾與工作人員的健康影響：

1.公眾的健康影響

關於被輻射曝露的公眾，並沒有任何急性健康影響的案例。

被曝露後生涯期間的風險機率，即預測將來罹癌的機率，依生涯風險機率線來考察，依照識別可能性水平來看並沒有上升的情形。

關於甲狀腺癌，警戒區域居民平均甲狀腺吸收劑量，嬰兒最多約80毫戈雷（mGy），但此項劑量估算不確定性偏高，也可能有比劑量評估值高的嬰兒。此外，以體外偵測的數據來做比較，最大差異值似乎高達5倍，也就是說，要評估甲狀腺癌是否因此增加是很困難的。

本報告書原則上是以2012年10月底以前公布的數據為基準做評估。福島縣居民嬰兒以超音波檢查甲狀腺的數據，2013年7月底為止共調查17萬5,000人，其評估結果與對照組做比較，對輻射曝露者，無法辨識是因輻射而導致癌症。

胎兒及幼兒期被曝露後罹患白血病的風險，以及青春期被曝露導致罹患乳癌的風險亦有深入探討，結果是罹癌率並無預測有上升情形。此外，妊娠中因被曝露而引發流產或認知傷害的先天影響與遺傳機率是否增加，預測結果均為沒有。

2.工作人員的健康影響

至2012年10月底止，執行緊急作業的工作人員約有2萬5,000人，大部分（99.3%）的個人有效劑量都未超過100毫西弗，平均為10毫西弗，影響健康的風險很低。工作人員體外曝露的有效劑量超過100毫西弗者有173人（0.7%），對生涯風險來說可能有數位會罹患癌症，但是這種預測的不準確性很高。

體內曝露超過約定有效劑量100毫西弗，工作人員有13人吸收到這種較高的劑量，甲狀腺吸收碘131導致平均吸收劑量為2-3戈雷（Gy），推定甲狀腺致癌風險提高。不過這些數據只來自少數人，以小規模群體來鑑定致癌率是否有上升是不成立的。再者，接受到最高劑量者推測其甲狀腺發生傷害的可能性也很低。

第七章　人以外生物群體的劑量影響評估

事故後擴散的放射性物質對人以外的生物，可能受到輻射曝露的影響，汙染較高的以限定區域內來推算，其他區域的輻射影響則不考慮其可能性。

第八章　摘要與結論

UNSCEAR於事故後經過3年，福島核電廠內復原工程持續進行，工作人員群體劑量固然繼續上升，廠內汙染水亦繼續洩漏，放射性物質隨著地下水途徑汙染了水域，今後科學檢驗尚有下列9個項目：

a.更正確的射源項推定

b.放射性汙染水的洩漏，以及伴隨著水域環境受到汙染情形的推測。

c.放射性落塵對體外曝露的長期性變動影響

d.公眾曝露的劑量分布與每個人的差異，對劑量評估的不確定性。

e.體內攝取放射性核種的劑量評估

f.繼續進行福島縣居民的健康檢查以及嬰兒的甲狀腺超音波診斷，瞭解輻射影響的定量化，以及疫學研究調查群體的概率。

g.當事故發生後即時參與作業的工作人

員，提高劑量評估值的可信度，以及白內障發生風險的評估。

h.設置工作人員組織銀行的檢討

i.人以外生物的曝露測量劑量評估，與報告內容的任何關聯與影響等。

結語

UNSCEAR於福島事故後，根據其所引起的曝露水平以及被曝露後所伴隨的影響，綜合所有獲得的資料而編纂本報告書，今後將再利用很多專家發表的資料以使報告書的內容更為完整。

此外，第八章亦強調，UNSCEAR這一次公布的報告書並不是最終的完整報告，今後將持續蒐集更多的數據以及有關的資訊，繼續檢討而做出評論。對事故的影響，為了精密的科學研究，UNSCEAR須蒐集各國專家的研究成果，在這方面日本政府對專家和相關機構的多方面協助是非常需要的。

名詞解釋

等價劑量：是在組織或器官中，由於輻射而引起的輻射劑量，單位以西弗（Sv）表示。1 西弗（Sv）=1,000 毫西弗（mSv），1 毫西弗（mSv）=1,000 微西弗（μSv）

吸收劑量：是每單位質量吸收來自任何種類的游離輻射能量，單位以戈雷（Gy）表示。1 戈雷（Gy）=1,000 毫戈雷（mGy），1 毫戈雷（mGy）=1,000 微戈雷（μGy）

有效劑量：為所有組織和器官的個別等價劑量加權之和，符號為 E，單位以西弗（Sv）表示。

約定有效劑量：由於攝入放射性核種的活度造成約定組織或器官等價劑量，乘以適當的組織加權因數，即為約定有效劑量，單位以西弗（Sv）表示。

資料來源：

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation（UNSCEAR）, Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation, 2013 Report to the General Assembly, with Annexes A, Vol. I, United Nations Publications. New York（2014）.

用過核燃料處理不是無解難題

文．編輯室

每每在討論核能發電議題時，總有民眾以「核廢料無法處理」作為反對的理由，其中又以「用過核燃料萬年無解」最受質疑；殊不知國際間早已擬妥處理模式，且相關技術已經過驗證、並進行選址等作業多年。本報導將介紹國際趨勢及我國用過核燃料的處理策略與時程規劃，提供讀者思考用過核燃料是否真的是無解難題呢？為此議題，本刊記者專訪台電公司林德福專業總工程師為我們深入剖析，首先放眼國際間的作法：

處理用過核燃料的國際趨勢

根據美國電力研究院（Electric Power Research Institute，EPRI）的2010年度報告顯示，無論是用過核燃料或是經過再處理後的高放射性廢棄物，均需要進行最終處置，目前國際間認為深層地質處置是最可行的最終處置方案。大部分國家的相關研究工作須進行數十年才可獲得完整的成果，以確保無安全顧慮。

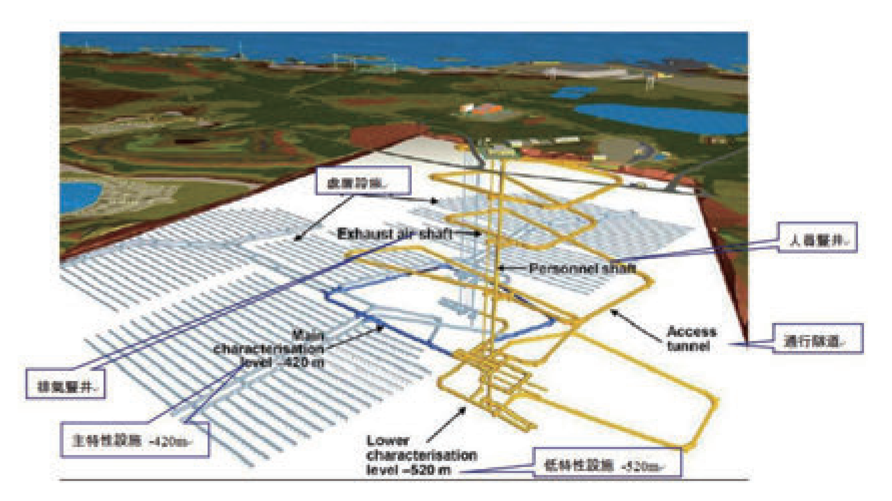
林德福專總表示，目前決定採用直接處置用過核燃料方案的國家，如瑞典、芬蘭、加拿大等，其最終處置場的發展，由技術研發、場址調查到獲得建造許可，均需數十年之久。各國為提升處置安全性與技術的可信度，並提供執照審查所需安全規範要件，都規劃經由潛在母岩調查、場址評選、詳細調查、處置場設計、建造及運轉等，逐階段推展，以求取立法、專責執行、管制及民眾溝通等各方面的平衡，並達到最終處置的目的。

芬蘭預計2020年正式啟用

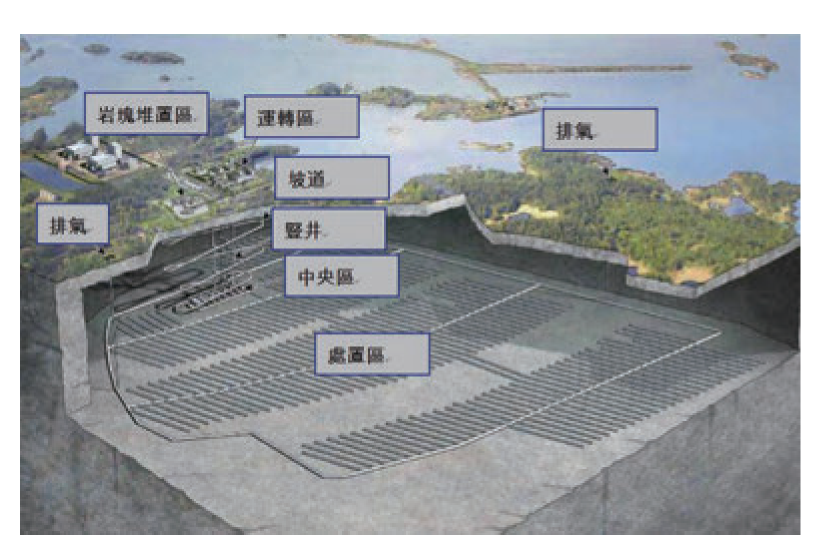
芬蘭的相關研究計畫於1970年代即展開，但至1983年才確定後續的場址調查計畫。芬蘭國會於2001年5月以159票贊成、3票反對的壓倒性投票結果，同意歐基盧歐托（Olkiluoto）為芬蘭的最終處置場址（圖1），主管機關STUK於2003年完成歐基盧歐托的地下實驗先導設施安卡羅（Onkalo）的規劃、設計與研究主題的相關審查作業。安卡羅實驗設施於2004年開始開挖，於2012年8月開挖至455公尺深。POSIVA公司根據在安卡羅累積約10年左右的實際調查驗證成果，於2012年底提出歐基盧歐托場址的建照申請，預計2020年正式啟用。

瑞典2025年完工運轉

瑞典於2001年選定歐斯卡鄉



▲圖 1 芬蘭歐基盧歐托最終處置場址配置示意圖



▲圖 2 瑞典佛斯馬克最終處置場址配置示意圖

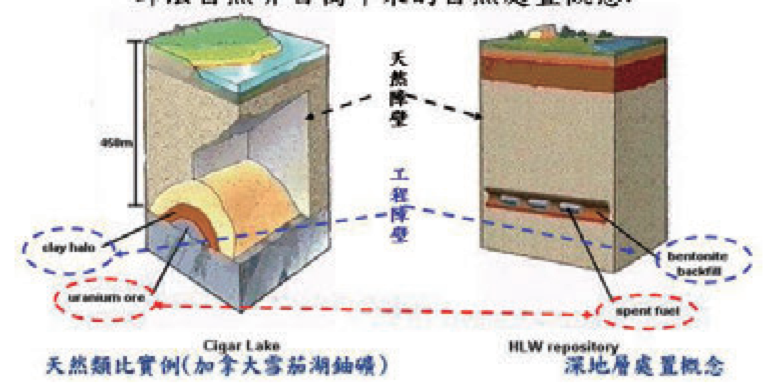
（Oskarshamn）及歐斯沙瑪（Osthammar）兩處候選區域，2009年，經公民投票選定歐斯沙瑪自治區的佛斯馬克（Forsmark）為最終處置場址（圖2），並於2011年3月提出建照申請，預計2015年開始興建、2025年完成最終處置設施的建造，開始營運。

瑞典自1970年代開始即積極進行相關研究工作，1986年開始在東部濱海阿斯波（Aspo）島南端興建一個供現場試驗的地下實驗室，並於1995年啟用，進行深層地質調查技術、場址調查程序、處置場建造與包封材料等技術的現地試驗與驗證。

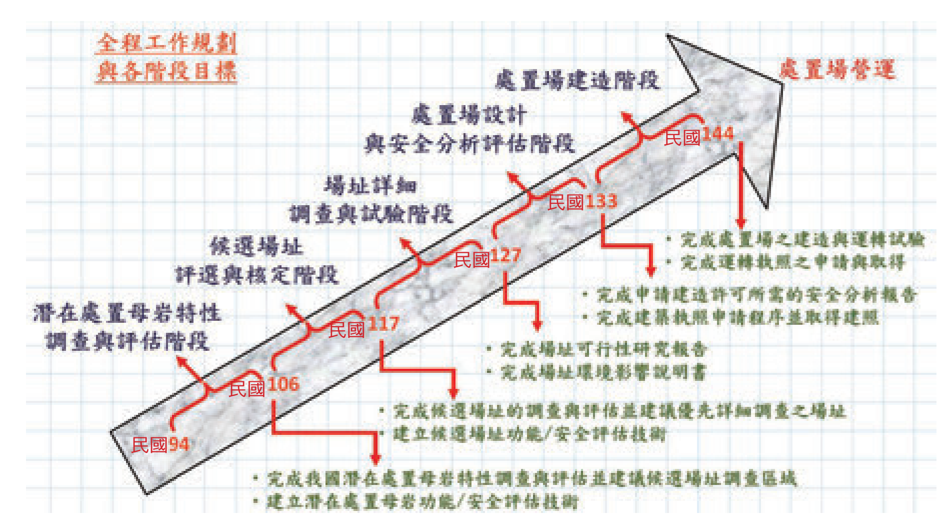
我國用過核燃料最終處置的管理策略

林德福專總表示，我國用過核燃料處置計畫的管理策略是：「放射性廢料之最終處置，採境內、境外並重原則，積極推動；不論境外是否可行，仍應在境內覓妥處置場址備用。」（「放射性廢料管理方針」第8條）

我國用過核燃料最終處置的方式是「深層地質處置」，和國際間公認最適合的處置方式相同。深層地質處置（圖3），是將用過核燃料置放在深約300公尺至1,000公尺的穩定地質環境中，藉由廢棄物罐、緩衝與回填材料等工程設施，配合母岩及地質圈障壁所組成的多重障壁，可以有效阻絕或延遲核種的外釋與移動，



▲ 圖 3 高放射性廢棄物（含用過核燃料）的深層地質處置概念示意圖



▲ 圖 4 我國用過核燃料最終處置計畫全程規劃

以換取足夠的時間與阻隔效果。用過核燃料所含的放射性物質在到達人類生活圈之前，其輻射強度已衰減至天然背景值、達到可忽略的程度。

由於用過核燃料所含核種的半衰期較長，因此世界各國在推動最終處置計畫時，都採取階段式的方式來進行，以妥善進行計畫的推動、提昇民眾的接受度並保留決策的彈性，我國最終處置計畫也是參照這種精神來規劃。全程工作的規劃時程包含5個任務階段，如圖4。

林德福專總特別指出，其實台電公司從民國75年就會同核研所、工研院、地調所等國內相關機構，開始進行用過核燃料最終處置技術發展及地質調查計畫。就已獲得的資料研判，台灣地區具備結晶岩、泥岩等適合的岩層，但其合適性仍須待後續進一步調查。

工作執行現況、成果及後續規劃

根據原能會已核備、公告的期程規劃，現階段尚未涉及選址作業，主管機關要求以日本「高放射性廢棄物處置計畫階段成果報告（通稱H12報告）」為參考依據，在無特定場址條件下，必須於106年提出「用過核子燃料最終處置技術可行性評估報告（簡稱SNFD2017報告）」，以確認國內是否具有地質處置相關技術能力。

因此目前在無特定場址條件下，持續進行全國環境地質（大地構造）、地質合適性調查（火山、斷層活動、地殼抬升或沉陷、氣候及海平面變遷等影響因子），並建立相關深層地質調查及安全評估技術，以期於106年底提出SNFD2017報告，達成高放處置計畫的現階段核備目標。

用過核燃料再處理 出現一線曙光

為了尋求用過核燃料處理的解決途徑，台電公司可說是窮盡一切努力。對於外傳我國可能將用過核燃料送至國外進行再處理的說法，林德福專總表示，目前台電規劃的是境外再處理先導計畫，屬於試驗性質，先將核一、二廠2部機組各2批次填裝燃料的數量，約1,200束燃料進行公開招標，希望交由國際上具有相關經驗的廠商進行再處理。所萃取出的鈽和鈾請廠商代為處理或出售，剩下的高放射性廢棄物經過玻璃固化後再送回。

林專總特別強調，目前我國用過核燃料仍採取直接最終處置的方案；依據芬蘭與瑞典的經驗，先找到適合的地質環境作為用過核燃料集中貯存的場址，日後我國若是確定改採再處理的方案，則可取出，是較具彈性與實用的作法。

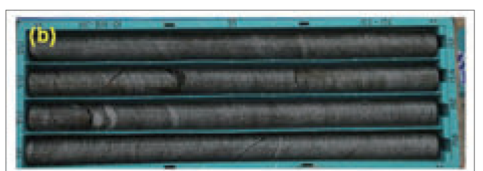
「空中磁測」特殊探勘技術

在進行地質探測時，台電公司採用許多特殊探勘技術，例如空中磁測，及深地質鑽探。空中磁測技術是將精密儀器裝設在飛行載具上進行量測（圖5），量測作業不受地形、地物限制，可以在短期間內獲得大範圍地下構造資訊。世界各先進國家均利用此技術進行區域調查。美國曾於民國57年協助中油公司針對台灣海峽東半部，實施一次空中磁測，之後30餘年來，國內未再實施空中物探工作。直到民國96



▲ 圖 5 空中磁測技術







▲ 圖 6 500 公尺深地質鑽井

年間台電公司首度將空中磁力技術引進國內成為自有技術，並針對國內重點區域進行區域調查，奠定了國內執行空中磁力的測勘規劃、現調飛航與資料處理等基礎技術能力，也是目前獲得地質構造資訊的重要探測方法。

500公尺深地質鑽井

另一種特殊探勘技術則是深地層鑽井，依作業時所使用的井孔數量，可區分為單孔地物井測與跨孔探測兩類。透過近距離量測岩層的各種物理特性，可更清楚掌握岩層物理性質、層面與斷層位態、破碎帶連通性等訊息。國內學術單位與工程顧問公司所建立的單孔地物井測技術，只能在深度500公尺以上的井孔內施測，中油公司及國內執行最終處置計畫的工研院，則具有1,000公尺深井的探測能力。

至於跨孔探測技術部分，國內目前僅工研院曾完成多種探測技術試驗，少數學術機構與工程顧問公司則正在進行跨孔地電阻與電磁波的工程地質調查應用研究。國內最終處置計畫自民國87年陸續引進單孔雷達井測、地物井測、孔內震波井測與孔內攝影井測等設備，具有在1,000公尺井深內進行量測的能力。並曾針對跨孔地電阻探測、跨孔震波探測及跨孔雷達探測等技術，進行技術評估與現地試驗（圖6）。

結語

用過核燃料或經再處理後剩餘的高放射性廢棄物的最終處置，是核能發電後端營運最關鍵的課題；如何安全處置以確保公眾安全，維護環境品質，並符合世代正義，是整個處置工作最重要的核心目標。由芬蘭與瑞典的例子可以得知，目前用過核燃料最終處置已不是無解難題，而台電公司汲取國外經驗，以階段式的方式推動用過核燃料最終處置計畫，發展深層地質處置技術，確實是可以確保公眾安全，維護環境品質，並符合世代正義！

資料來源：

1.我國用過核子燃料最終處置初步技術可行性評估報告

2.用過核子燃料最終處置計畫書2010年修訂版

3.我國用過核子燃料最終處置計畫時程規劃與檢討報告

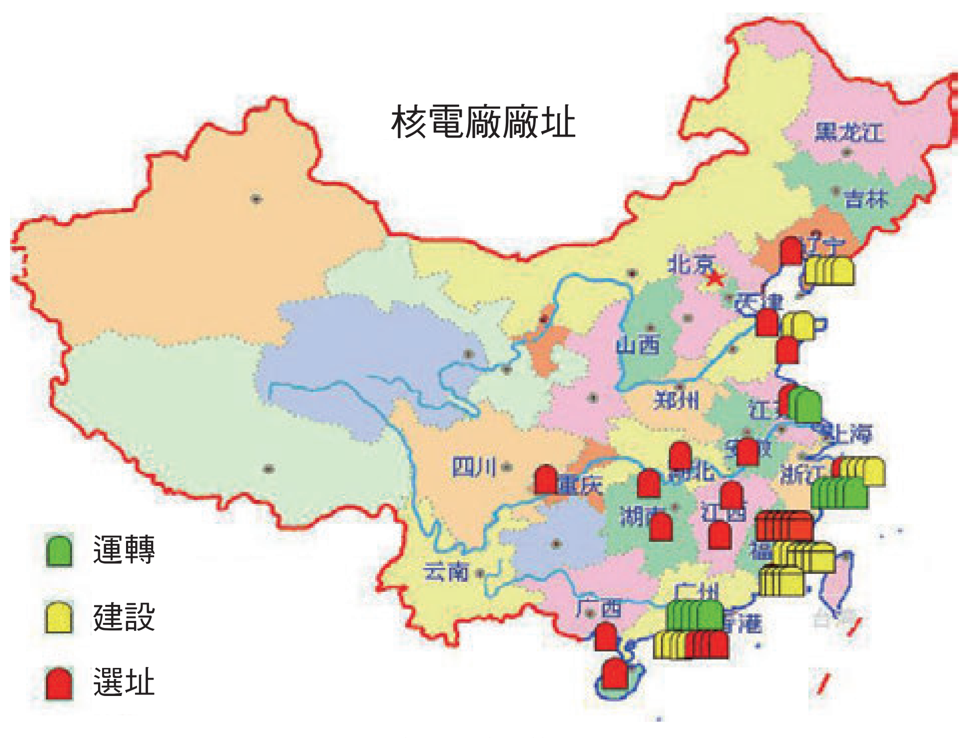
第 14 屆海峽兩岸核能學術交流研討會

文・編輯室

自1996年6月開始，海峽兩岸核能界專家輪流在台灣與大陸舉辦學術交流研討會，至今已經進入第18年。

短短數年，中國大陸的核電發展從搖擺學步到現今已成為全球核電建設大國；反觀台灣，雖然起步順利，也比大陸早很多，但是後來一路上顛簸跌宕，甚至停滯不前。海峽兩岸多年來參與核能交流事務的專家看在眼裡，應是感觸良多。

本次研討會於2014年12月1-4日在福建省福清市舉行，台灣代表團由產（台電）、官（原能會、物管局）、學（清華大學、核能資訊中心、核能級產業發展協會）、研（核研所）、業界（行家、凱技、亞炬）及核



▲ 圖 1　中國大陸核電機組分布圖

能科技協進會等25位代表組成。研討會雙方共提出24篇論文。

研討會中陸方專家提及，至2050年時大陸核電發電量預計將達500億瓩，需要350-400座反應爐投入商轉，屆時上從遼寧省紅沿河下到廣西省防城港，遍布沿海各地都有核電機組。如此才能達到台灣目前的核電占比18-20%，以及台灣現有每人每年平均用電9,000度的水準。

時間	活動與議題		主持人
12 月 01 日 09:00-09:30	1. 中國核學會理事長 李冠興 致辭 2. 財團法人核能科技協進會董事長 歐陽敏盛 致辭 3. 中核集團總工程師 雷增光 致辭 4. 福清核電有限公司總經理 蔣國元 致歡迎詞		申立新 陳衛里
時間	活動與議題	報告人	主持人
09:30-09:55	華龍一號的安全措施 （中國核電工程有限公司）	李 軍	中國核學會副秘書長 申立新 核協會董事兼顧問 陳衛里
09:55-10:20	核電站核島土建施工管理與關鍵施工技術介紹 （中核建集團華興建設有限公司）	龔振斌	
10:20-10:45	台電核電廠安全文化精進作為 （台電公司核能安全處）	蔡正益	
11:10-11:35	重大專項大型進步型壓水反應爐 CAP1400 交流報告 （上海核工程研究設計院）	鄭明光	中國核學會原秘書長 傅滿昌 台電公司核能發電處處長 簡福添
11:35-12:00	核三廠耐震餘裕評估與強化 （台電公司核三廠）	黃朝丁	
12:00-12:25	大亞灣核電基地安全生產管理 （中廣核大亞灣核電運營管理有限公司）	趙福明	

時間	活動與議題	報告人	主持人
14:00-14:25	台灣核電廠圍阻體排氣功能強化措施現況（原子能委員會核能管制處）	鄭再富	大唐集團核電部主任 王 平 台電公司核三廠廠長 張學植
14:25-14:50	高溫氣冷反應爐商業化推廣—機遇和挑戰（中國華能集團）	崔紹章	
14:50-15:15	台灣沸水式核電廠斷然處置措施面面觀（核能研究所核安技術支援中心）	廖俐毅	
15:30-15:55	核電廠發生事故時斷然處置之人員訓練與做法（台電公司核二廠）	杜博文	華能集團核電事業部副主任 崔紹章 核研所核安技支中心主任 廖俐毅
15:55-16:20	台灣核電廠重要運轉經驗之管制案例（原子能委員會核能管制處）	臧逸群	
16:20-16:45	後福島時代新的核安全理念和核安全要求的探討（環境保護部核與輻射安全中心）	柴國旱	
16:45-17:10	緊急應變民眾防護之規劃與準備（原子能委員會核能技術處）	劉俊茂	
12 月 02 日 09:00-09:25	福清核電核安全文化建設實踐與探索（福清核電有限公司）	顧　健	中核集團港澳台事務辦公室副主任　劉長欣 原能會核能技術處副處長　陳文芳
09:25-09:50	福島事故後核災應變的強化措施（原子能委員會核能技術處）	鄭先佑	
09:50-10:15	大陸高放廢棄物地質處置地下實驗室的定位和功能（中國核工業集團北京地質研究院）	王　駒	
10:15-10:40	核電廠放射性廢棄物減量管制（放射性物料管理局）	蘇凡皓	

時間	活動與議題	報告人	主持人
10:55-11:20	大陸 ADS 研究進展（中科院蘭州近代物理研究所）	徐瑚珊	中國同輻有限公司副總經理 張錦榮 財團法人核能資訊中心董事長 朱鐵吉
11:20-11:45	利用重水堆生產鈷 60 技術研發和產業化工程（中核同興（北京）核技術有限公司）	劉金祥	
11:45-12:10	核技術在醫學應用與輻射安全（北京大學第一醫院）	王榮福	
14:00-14:25	做好公眾宣傳的手段（中國電力投資有限公司）	王有志	申立新 朱鐵吉
14:25-14:50	核電公眾科普宣傳的實踐與探索（中國核電工程有限公司）	陳　華	
14:50-15:15	與反核團體之溝通（台電公司核能發電處）	魯經邦	
15:15-15:40	媒體溝通（台電公司核三廠）	張梓喬	
15:40-16:00	總結（李冠興、歐陽敏盛）		

主辦單位中國核學會更於研討會後精心安排參訪福建省福清核電廠，以及廈門大學能源學院。

與台灣緊密相鄰的福清核電廠

福清核電廠位於福建省福清市三山鎮前薛村岐尾山前沿，是個優良的沿海核電廠廠址，與台灣西部海岸相隔僅有164公里。廠區規劃建設6座百萬瓩級壓水式反應爐，總投資約900億人民幣。由中國核工業集團福建福清核電有限公司承包設計、興建與營運。



▲ 圖 2 福清核電廠示意圖





▲ 圖 3 廈門大學能源學院參與比爾蓋茲行波反應爐的技術合作開發與示範

1-4號機採用M310進步型技術，5-6號機組採用「華龍一號」技術。2008年11月21日1號機開工，2009年6月17日2號機開工，2010年12月31日3號機開工，2012年11月17日4號機開工，5號機近期有望開工。

6座機組完工運轉後年發電總量可達450億瓩電，年產總值約170億人民幣，巨大的經濟效益與社會效益，將有助於福建省優化能源結構，推動能源多元化發展。

廈門大學能源學院

廈門大學能源學院成立于2007年9月，位於廈門市翔安校區，院長李寧教授為台灣代表團詳細介紹，該院研究所分別有：核能研究所、生物能源研究所、化學能源研究所、太陽能研究所、能效工程研究所。



▲ 圖 4 台灣代表團參觀福清核電廠重件碼頭，身旁緊臨的即是台灣海峽

其中核能研究所內有：核材料分析實驗室──研究極端條件下材料的特性，開發抗輻照損傷、抗腐蝕、耐高溫、高強度的新型結構材料；核電數位化儀控中心──核電資訊管理系統、多功能工程模擬平臺、核電廠數位化儀控認證平臺、核電廠線上監測系統；先進核能系統實驗室──在中國國家能源局的主導下，參與比爾蓋茲創投的美國泰拉能源公司行波反應爐技術合作開發與示範。

結語

台灣代表團在經過理論交流與實地參觀的激盪下，各自在專業領域內都獲得寶貴的經驗結晶，相信日後在專業工作中都將得以運用。這是海峽兩岸持續多年、難能可貴的交流活動，相信在雙方努力互動之下，日後將能繼續造福彼此，使核電專業的技術與經驗更為增長與精進。

擔心房地產損失與美國撤僑

文・林基興

2014年12月10日，《天下》雜誌登文〈反核最大諷刺！離中台灣最近的核電廠，不在台灣〉：如果你住在中台灣，有很大機會，離你家最近的核電廠，不是北邊的核一、核二、核四，也不是南邊的核三，而是西邊中國福建省的福清核電廠，它與台灣本島最近點（苗栗海邊）僅164公里。福建北邊另一個寧德核電廠，是中國第一座蓋在海島上的核電廠，距離北台灣也僅200公里。這兩個核電廠合計達1,200萬瓩規模，約4個核四廠大小。

國際上反核最著名的，當屬「綠色和平」組織，2006年，該組織開山祖師之一的摩爾（Patrick Moore，1986年離開該組織），在美國《華盛頓郵報》為文〈使用核能：環保者講清楚〉指出，「反核最力的綠色和平組織與各國綠黨等，既不環保又不合科學精神，如此保護地球真是匪夷所思。」國內一些金融房地業等金主以為若有核電廠事故，就會到處污染，因而房地產價會下跌、美國撤僑。

媒體渲染、民眾害怕輻射

美國國家工程院院士柯恩指出，電視等媒體一再誇大輻射的風險，民眾經常聽到危害故事，就會下意識地擔心輻射。他統計美國媒體的報導，在1974-1978年間（三哩島事故之前），車禍新聞120則（50,000人死亡）、產業事故新聞50則（12,000人死亡）；以上的新聞則數和死亡人數大約成正比例。至於輻射呢？200則新聞（0人死亡）。因為意外事故，美國每天平均約300人死亡、3,000人受傷，但比起輻射，還是沒受到重視。

1976年，美國肯塔基州有處放射性廢棄物處理場洩露出些微輻射，低於1微西弗，引發媒體大肆渲染，例如，報紙《華盛頓星報》報導：「放射性廢料污染全國的空氣」。結果，美國能源研發署（能源部的前身）署

長在國會提預算時，前25分鐘花在解釋該事件；在國會中，主掌核能管制的議員說該事件為「世紀難題」；科恩請他想想，國會員工受到國會大廈建材花崗岩中的輻射量，遠大於該處居民所受的量，這位議員才悻悻然閉嘴。

其實媒體並不那麼想知道科學家的意見，它們要的是能引起觀眾有興趣的故事，因此，輻射危機聳動的故事正中下懷。我國媒體刊出〈只要核子、不要孩子〉文章，將核能發電簡化成不要後代；電視名嘴把輻射形容得像世紀巨毒，把風險無限擴大，好像只要碰到輻射，就必死無疑。弄得人人自危，爭相搶購碘片、食鹽或海帶等含碘食物，引發搶鹽潮。其實，碘鹽不是輻射解藥，吃多了會中毒，會造成甲狀腺亢進、低下、心臟衰竭等疾病。

輻射恐慌到處喊

2013年底，國際媒體報導「救援福島核災，美航母服役人員受核汙染」，說美國航空母艦「雷根號」與其姊妹艦反潛航母「埃塞克斯號」，到福島核電廠附近海域救援，被告知不會受到輻射汙染。結果沒想到竟是東京電力公司蓄意隱瞞，因輻射外洩早已相當嚴重，大量汙染物流入大海，但艦上軍人全不知情，還喝艦上的水或拿來煮食和洗澡。後來陸續有51位軍人罹患癌症，於是，聯合採取集體訴訟，告東京電力公司當時隱瞞真相，害了他們。

但實情是，2012年8月美國軍人告狀，結果已在11月26日被美國聖地牙哥法官駁回訴訟。另外，軍人亦非罹患癌症（短短1年多的極低劑量，不可能產出癌症）。包括雷根號等，所有美國核子動力船隻，均布滿輻射監測儀器，若出現輻射污染，將難逃其法眼。2011年3月14日福島3號機爆炸，雷根號人員測得背景輻射劑量上升，此時該艦距離海岸160公里。既知輻射劑量增加後，該艦即離開該地區。幾位直昇機組員受到輕微輻射，但均在安全範圍內。美國海軍發言人雷爾遜（Greg Raelson）指出，即使在最壞情況下，雷根號人員受到來自福島的輻射曝露量，比起美國一般民眾受到太陽、岩石和土壤等的自然背景輻射，連1/4也不到。

誰讓我們對立？

1972年，為存放低放射性廢棄物，專家學者評估全國廢棄礦坑、高山島嶼等，確認蘭嶼龍門地區「5公里內無人居住、面積1平方公里以上、可海上運輸安全可靠」等優點。該場建構包括以厚鋼筋混凝土窖作為基礎建築，襯以極佳吸水阻絕與核種吸附能力的黏土族礦物（膨潤土等）。即使強烈地震導致壕溝毀壞，放射性物質外釋進入環境，居民所受的輻射劑量（每年0.0024毫西弗）遠低於安全劑量1毫西弗。蘭嶼全島設有54個輻射偵測站，定期採取島上水樣、土壤、岸沙、農畜與海產試樣，

一直以來，劑量率均在環境背景變動範圍內。長期居住場內的台電員工，每年體檢均無任何輻射傷害。有個管理員廖天淙，1982年起進駐，宿舍離貯物15公尺，被戲稱為「抱著放射性廢棄物桶睡覺的人」，健康的他笑稱自己是活標本。

2002年，《新台灣新聞周刊》專訪呂秀蓮副總統，她說：「5月31日我會去蘭嶼過夜，去年看過後，我認為放射性廢棄物場沒有問題，是有些政客每年就要去挑它一下，所以我這次去就要住在核廢場旁邊，表示我跟它們在一起。」她告訴記者，目前沒有明確科學根據可證明放射性廢棄物對人體及生態的危害，蘭嶼並無輻射污染。

權衡風險與利益

人類福祉很大一部分來自放射性同位素和核分裂物質在醫學、工業、科學研究和動力生產等方面的應用。然而，實現這些目標必然會使人們在使用這些輻射源時受到輻射曝露。因為任何輻射曝露包含了對個人的某些風險，所以允許的曝露量對所達到的結果來說應當是值得的。因此，原則上，輻射防護的目標是權衡人類在其中承擔的風險與獲得的利益，並折衷處置。但民眾認為非常繁複的安全作法，表示潛在危險非常大，導致民眾更擔心，結果輻射安全成為「惡性循環」，防護越多，民眾越擔心，要求更多保護。



▲ 2、3 萬年前，反對用火者抗議（圖片來自英國牛津大學 Wade Allison 教授）

團體生活的優點就是大家分攤「風險」，國家社會需垃圾掩埋或焚化場、煉油廠與加油站、墳墓、監獄、機場等，不是設在我家旁就是在你家旁，我可大聲抗爭而推到你家旁嗎？附近居民的正確心態不是「受害者之姿」，而是「服務他人」。因為核能事故而遷移居民，確是不便，但近代工程諸如建設高速公路、毒氣外洩，也會導致遷居與不便。比起其他災禍，火災或化學毒物呢？輻射會衰減，化學物質不會。

社會百態，有些人的風險意識低，另些人則高，就像有些人喜歡賽車、攀岩、衝浪等讓一般人害怕的事。許多人對黑暗、火產生恐懼反應，這些恐懼源於人類在原始社會野外生活的狀態，是人類適應大自然的本能反應。因此，恐懼助益人類不斷演化，但也妨礙人的演化，因為會成為人生的控制因子，將人

的心力耗費在認為「威脅」的項目上。

化石能源導致嚴重的空氣污染

2011年，世界衛生組織公布全球空氣污染數據，小於10微米（PM10）的懸浮粒子會導致嚴重呼吸道問題，該組織的建議濃度上限為每立方公尺25微克，其主要來源為發電廠、汽車排煙、工業化排放的硫和氮等；全球一年有134萬人因空污早逝。

2014年3月，加拿大醫師保護環境協會執行主任霍曼（Gideon Forman）指出，燃煤釋放鎘、砷、鉛、汞、戴奧辛、呋喃（有機物質）等致癌物、神經毒素、環境賀爾蒙，因此，加拿大醫師支持關掉燃煤電廠。

2012年，美國肺臟學會指出，美國燃煤電廠每年釋放84種有毒空氣污染物，包括酸性氣體（為全美排放量的76%）、汞（超過全美4成）、苯、戴奧辛、甲醛、砷、多環芳香化合物、放射性鐳與鈾等。

美國需要從日本撤僑嗎？

美僑主要在東京，福島事故後，東京地區輻射劑量幾乎沒增加（接近天然背景），怎會需要撤僑呢？

有趣的是，看似不相關的「美國擔心福島事故而撤僑」與「關閉美國雅卡山放射性廢棄物最終處置場」，卻因兩案主事者的關係而互相牽扯。

先談放射性廢棄物儲存場。美國國會於1982年通過放射性廢棄物政策法案。1983年，能源部在6個州選了9個地點作評估，放射性廢棄物處置場必須具備下列條件：離人口稠密的城市遠、氣候乾燥、地下水源低、沒有火山或地質斷層、沒有地震紀錄。

1984年，美國能源部選出3處，分別位於德州、華盛頓州、內華達州，但因研究分析費用龐大，每處超過10億美元，國會因此決定只挑1處場址進行。當時眾議長為德州籍的萊特（Jim Wright），而眾議院多數黨領袖佛利（Tom Foley）為華盛頓州籍，在2人運作下，決定挑選內華達州雅卡（Yucca）山。當時內華達州在國會政治運作中，似乎處於毫無招架之地。

1987年國會通過放射性廢棄物政策修正法案，又被稱為「惡整內華達州法案」（"Screw Nevada" bill），該法案決定內華達州雅卡山為放射性廢棄物永久處置場址，禁止能源部再做其他候選地點的研究，也取消在東部選取一處為第二永久處置場址的決定。這引起內華達州州民與政治人物不悅，該州自認州內無一核電廠，為何要將全美放射性廢棄物運至該州貯存。於是內華達州在1989年通過一項法律，宣布任何人或政府單位要將放射性廢棄物在該州儲存都是不合法的。

根據1982年放射性廢棄物政策法案，內華達州長有權否決總統所批准、選定該州雅卡山為最終處置場的決定；但如果經眾院及參院表決通過總統提案，該州州長否決將無效。內華達州州長、州議會、國會議員等均表示他們將繼續抗爭，縱然聯邦眾議院及參議院表

決通過雅卡山計畫，他們仍將請聯邦大法官釋憲，最後並不惜訴諸法院，將本案向聯邦法院提起上訴。

另一政治糾紛是，雅卡山附近有印地安人保護區，印地安人認為土地是祖傳與生具有的主權之一，反對保護區被用做放射性廢棄物最終處置場。美國政府一遇到「欺負弱勢原住民」字眼就只有打退堂鼓的份。

2007年起，美國參議院多數黨領袖為里德（Harry Reid，民主黨），來自內華達州，他曾說：「雅卡山放射性廢棄物最終處置場夭折，永遠走入歷史。」2008年，歐巴馬（民主黨）競選總統時，向他承諾放棄雅卡山計畫。2009年，能源部長朱棣文在參議院重申，雅卡山已非放射性廢棄物最終處置場址。2011年，美國政府正式終止該計畫，但宣布終止原因為政策而非科技緣故。

接著分析撤僑事宜。2011年3月18日福島事故後一週，美國政府開始從日本撤僑，約共3,000人到台灣。此決定的背後，美國核能管制委員會主委亞斯科（Gregory Jaczko）扮演重要的角色。他曾任參議員里德的助理（掛名顧問），2005年，在小布希政府擔任核管會委員。2008年，歐巴馬上台後，留他續任，由里德引導宣誓就職。2009年，獲任核管會主委。

2011年3月，日本發生福島事故。6月，美國核管會檢察長貝爾（Hubert Bell）發表報告，指責亞斯科「技巧地」阻擋雅卡山放射性廢棄物最終處置場事宜進度。10月，核管會的其他4位委員，聯名寫信給白宮，「嚴重關切」亞斯科的作為。12月，反對黨領袖要求總統辭退亞斯科，但里德（屬於執政黨）為他辯護：「反對者關心核電業，但亞斯科關心美國人民。」

2012年2月，美國喬治亞州南方核能公司申請增建兩機組，總共5位委員，亞斯科投下唯一的反對票，他說：「我不能同意發執照，彷彿沒發生過日本福島事故。」5月，亞斯科遞出辭呈。7月，亞斯科下台。

2013年9月24日，亞斯科到日本「外國記者俱樂部」演講，表示核能危險而應廢除；接著10月，在紐約參與反核座談，宣稱美國核電「玩完了」，與談者均為反核者，包括曾來台反核的前日本首相菅直人等。

以亞斯科對核電這般不認同，難怪他會關閉美國雅卡山放射性廢棄物最終處置場，也在福島事故後從日本撤僑（使得法國也撤僑）。其宣示意義甚大，亦即，跟全世界宣稱日本危險，而重傷日本形象。

美國反核者帶頭撤僑，現在一些國人卻跟著害怕美國撤僑。

（本文作者為行政院科技會報辦公室研究員）

台日能源科技政策解析

文・趙君敏

對於我國能源政策所提出的個人看法，將分為兩部分探討：一為在未搜尋相關資料的狀態下，直接單就所學提出初步的看法，並列出待釐清的部分；二在搜尋相關資料後，重新提出更深入的見解。

對我國能源政策的初步看法

在選修「台、日能源科技政策解析」課程之前，當時受到福島核災爆發的影響，我對馬總統提出的新能源政策感到十分認同；但在選修謝牧謙老師的課後，漸漸對能源相關問題，尤其是核能問題開始有了更正確的認知與理解，以致使我對能源政策的看法有了轉變。

搜尋相關資料後所提出的新看法

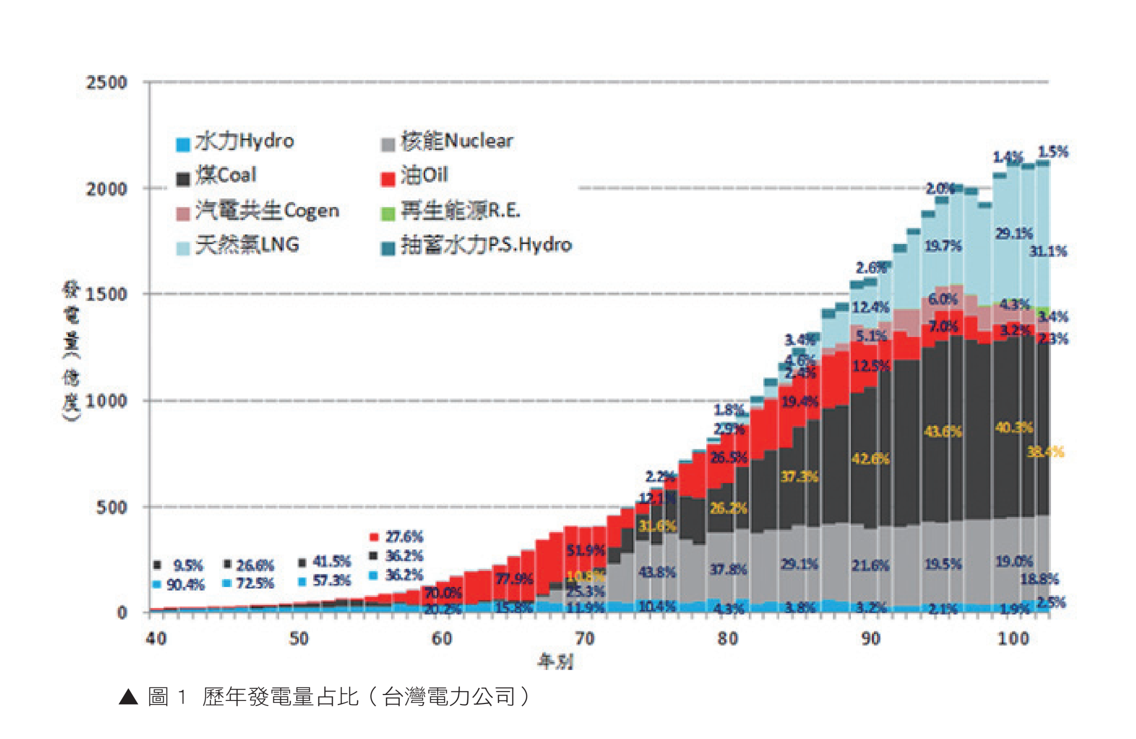
由於2011年的福島核災，世界各國皆重新審視核能發展議題；而我國，核四議題其實早已紛擾多年，加上本次福島事故，反核人士藉故煽動民粹，帶給國人心理莫大恐慌的情況下，終於迫使我國的能源政策，尤其是核能政策大幅轉向。

我國的新能源政策是由馬總統於民國100年11月3日公布，以「確保核安、穩健減核、打造綠能低碳環境、逐步邁向非核家園」作為總體能源發展願景與推動主軸，且在確保不限電、維持合理電價、達成國際減碳承諾等三大原則下，積極實踐各項節能減碳與穩定電力供應兩大配套措施。此外，由2012年發布的能源發展綱領可知，我國能源發展首重確保能源安全以及滿足民生基本需求，兼顧環保與經濟發展，並考量社會正義與跨世代公平原則，促進能源永續發展。

然而，我國能源現況是高度仰賴國外進口，化石能源依存度高且地理環境方面又限制了再生能源發展，因此在面對傳統能源日益耗竭、國際情勢動盪造成能源價格劇烈波動、能源開發計畫推動不易但國內能源需求卻持續成長等挑戰下，究竟是否真能達到那些能源政策的目標以及發展願景呢？

我對能源政策中的「逐步邁向非核家園」最感到懷疑。依上述我國能源現況看來，我認為要達成逐步降低對核能依賴，邁向《環境基本法》第23條的非核家園願景基本上是相當有難度的。

我國能源供給98%以上仰賴進



▲ 圖 1　歷年發電量占比（台灣電力公司）

口，是故能源來源中斷形同國家癱瘓，能源安全是為國安問題。除了國家安全外，能源影響的層面十分廣泛，民生需求、經濟發展、環境保護、國民健康及永續發展等議題皆與之密切相關。而所謂「非核」，意味著我國的能源供給將去除核能發電此一選項，改以其他方式供給能源。就現階段而言，考量我國替代能源開發尚未成熟，且基於環保問題，傳統化石燃料的使用亦將受到限制等因素，要在零核電的情況下達到能源安全和滿足民生基本需求，甚至還要兼顧環保與經濟發展，實在有如登天之難。

以日本為例，雖因3年前的福島事故使許多民眾轉向反核的立場。然由於未受災的48座機組也全部停止運轉，進行維修或安全檢查，因此3年期間日本為解決能源供應問題，不斷進口天然氣，使日本貿易逆差狀況每況愈下。於是，安倍首相在經過審慎思考後決定推翻前任首相野田佳彥主張

的「2030年零核電政策」，重啟核電廠運作。連親身經歷過核災事故的日本都無法承擔廢核的代價了，反觀我國能源政策中的「邁向非核家園」，想來實在有些不理性，以及過於迎合民粹與政治妥協。

台灣作為一個資源困乏、高度仰賴能源進口的海島國家，由於基載電力嚴重短缺，且南電北送無法填補北部電力缺口等因素，事實上我們正面臨電力短缺的危機。由圖1可知，目前核能發電比例仍低於燃煤與天然氣發電，僅占我國發電比例不到20%。但是為兼顧供電穩定、電價穩定及環境永續，我認為我國應積極提升核能基載電源的占比，並使核一二三廠延役以及核四廠運轉。

此外，雖然再生能源的技術正蓬勃發展中，但卻仍有許多瓶頸待突破。對此，我認為政府該做的是投資和研發，而非補貼。再生能源最大的問題在於間歇性，而此問題必須配合發展儲能科技來解決，因此我們也需要借助技術已經成熟的核能，來為再生能源爭取時間。

結論

謝牧謙老師一再強調，「能源是國家發展的基石，是國家經濟成長的命脈」，可見能源問題攸關國家存亡，茲事體大。因此，對於現今仍無法達成一致共識的核能議題不應情緒用事，受無憑無據，喜愛斷章取義、造謠，唯恐天下不亂的部分人士煽動而失去理性思考與判斷的能力，甚至是落入政治紛爭中，淪為政黨彼此間為反對而反對，最後無疾而終的犧牲品。

另外，我們亦必須認清「使用任何能源皆有風險」的事實，「零核」並非表示絕對的安全。無論如何，我國都必須摒除成見、跨越政黨藩籬，共同以理性的態度審慎思考，找出更具前瞻突破的能源政策。

（編按：台灣大學日本研究中心開設「台日能源科技政策解析」講座，修課學生均為非理工科系。本文為學生做業報告。）

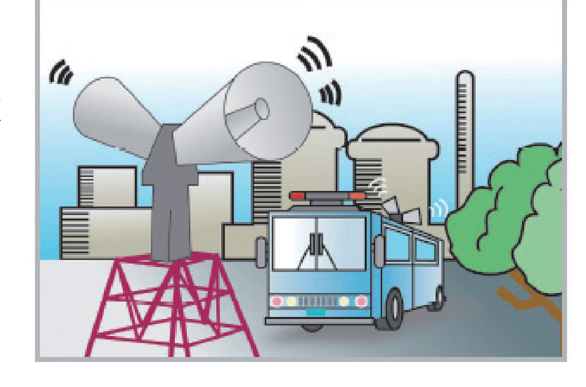
（本文作者為台灣大學森林系4年級學生）

核災應變　你不可不知

文・編輯室



要如何知道發生核子事故？



如果電廠發生放射性物質外釋的核子事故時，民眾將從下列管道得到通知：

- 警察局等緊急應變單位的核能警報與廣播車的巡迴廣播
- 廣播電台及電視台。

事故警報：響一秒，停一秒，重覆90次，時間為180秒。並以國語、台語廣播各兩次：「這是核能電廠事故警報，請不要慌張，並依照政府機關或電視、電台播報的指示行動。」

解除警報：連續180秒長音。 並以國語、台語廣播各兩次：「剛才是核能電廠事故解除警報。」



如何「掩蔽」？



核能警報發布後，保護自已最好的方法，就是減少輻射接觸的機會。所以聽到事故警報或巡迴車廣播，必須採取下列「掩蔽」行動：



如果您正在室內，請不要外出



關緊門、窗，減少室外空氣流到室內



打開電視或收音機，瞭解最新的狀況



電話掛好，以便隨時接聽緊急通知



曝露在外的食物和飲水不要食用，未受到
污染的飲水和食物可以安全食用。



如果您人正在室外，請回到家裡或室內
，或進入附近的建築物內。



如果您正在車上，請立刻關上車窗、打開
收音機收聽廣播，瞭解最新廣播的情況，
離開事故地區或進入室內。



學校的學生，聽到事故的警報要迅速進入
教室內，將教室的門窗關閉，
聽從老師的指示。

103 年度零跳機
再創我國發電量史上新高

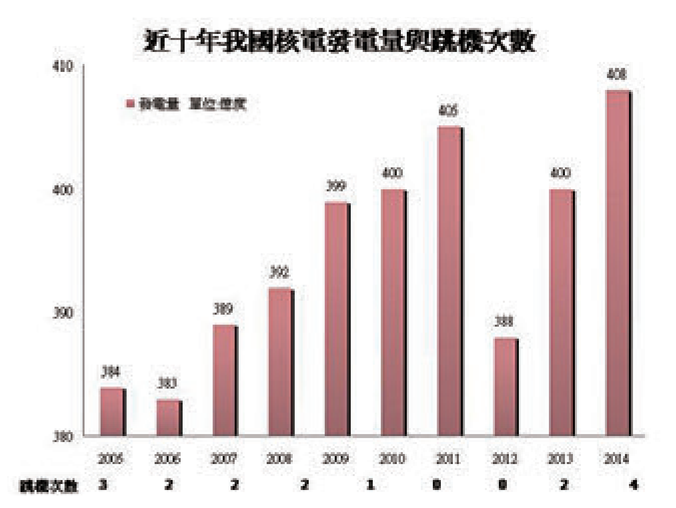
文·編輯室

去（103）年台電達成核電廠機組零跳機紀錄，由於各機組全年正常發電，使核電發電總量達到408.1億度，創史上新高，超越100年的405億度紀錄。

據瞭解，103年台電獲利超過230億元（含回饋93億元），終結連續8年虧損的窘境；103年轉虧為盈的關鍵，除了國際燃料價格走跌以及電價調漲外，核電廠零跳機亦有貢獻。

核電是我國基載電力，一旦核電廠跳機，台電就得改用成本較高的天然氣或燃油發電，103年核電零跳機，有效降低台電成本，是台電103年獲利關鍵之一。

102年我國核電廠跳機4次，是10年來次數最多，也讓外界質疑是否因為核電廠老舊，讓跳機次數上升；不過103年台電將降低核電廠跳機次數列為主要工作目標，最終繳出全年零跳機的亮眼成績。



台電專業總工程師林德福表示，103年核電零跳機，除了因為核電廠員工的積極與努力之外，103年台灣氣候較穩定，侵台的颱風少，算是「老天賞臉」， 102年就曾因颱風造成核電廠跳機。此外，核電廠外的外部因素也需顧及，輸配電系統若發生故障，即使核電機組零跳機，電也送不出去。

「從廠內送電至100多公里外的超高壓電塔，經過的都是山路，必須派員巡視、維護，定期清洗、避免發生鹽害等導致輸電系統故障。發電量能創新高，是所有台電同仁的功勞。」林專總特別強調。

台電董事長黃重球101年上任後，推動台電各電廠利潤中心制，若核電廠跳機，改用天然氣或燃油發電的額外成本，要算在發生跳機的核電廠帳上。

近年由於核電廠進行小幅度功率提昇，加上全年零跳機，促成103年核電發電量創史上新高，比102年多發了8.1億度的電。如果這8.1億度的核電（每度成本0.96元）是由購入電力的天然氣（每度成本4.56元）產生，燃料成本將暴增近29億元，勢必造成台電沉重的財務負擔。

日本批准高浜核電廠反應爐重新啟動

文・編輯室

根據日本原子力規制委員會（NRA）表示，隸屬於關西電力公司的高浜核電廠3、4號機符合新的核能安全標準，可以重新啟動。

原子力規制委員會針對關西電力公司修改這兩座機組的反應爐裝置，核發初步許可。高浜機組應用的設計與安全功能符合原子力規制委員會於2013年7月公布的新管制基準。

關西電力還是要調漲電價

關西電力公司表示，儘管原子力規制委員會核准高浜3、4號機可重新啟動，他們還是需要調整用電客戶的電價。「由於合規性審查仍在進行中，目前還不清楚我們的電廠何時可以正式啟動。以2014年電費調整的時間表來看，核電廠重啟的時程已經延遲太久了。」該公司表示。

當2014年關西電力公司上調電價時，原本預期高浜3、4號機可以在2013年7月重啟，而大飯核電廠3、4號機也可在2013年年底重啟。該公司預期2014年將是連續第4年虧損，「如果收支赤字的情況持續下去，將更加危害我們公司的財務狀況，甚至會威脅到電力的安全穩定供應。」關西電力公司警告。

從現在開始進入30天的公眾諮詢期，其結果將納入原子力規制委員會的最終決定。反應爐可以正式重新啟動之前，關西電力公司還需要獲得當地政府的批准。然而，能否運轉最終還是要日本中央政府說了算。

高浜3、4號機都是870百萬瓦壓水式反應爐，就在擁核的自由民主黨安倍晉三競選連任大勝之後3天獲得批准。

2013年7月8日原子力規制委員會公布新的安全規範之後，關西電力是4個申請反應爐重新啟動的電力公司之一。高浜電廠位於福井縣，3、4號機分別於2012年2月和2011年7月因進行大修而停機至今。

在此之前，原子力規制委員會只批准了兩個反應爐重啟。2014年9月，九州電力公司的川內核電廠1、2號機獲准更改反應爐裝置，使這些機組離重新啟動更近了一步。

福島事故後日本48座可運轉的反應爐始終保持停機狀態，現有17座反應爐提出安全評估申請，仍在審查階段。

資料來源：

2014/12/17, World Nuclear News, http://www.world-nuclear-news.org/RS-Regulator-approves-restart-of-Takahama-reactors-1712144.html

比利時政府批准核電廠延役

文・編輯室

比利時政府表示，全國機齡最老的兩座核子反應爐——多爾（Doel）1、2號機可以延役繼續運轉10年，扭轉了先前機組必須在2015年關閉的決定。

2012年7月，比利時的部長會議宣布，多爾核電廠1、2號機（433百萬瓦壓水式反應爐）自1970年代中期就已開始運轉，經過40年的運轉時限，原本預計將於2015年2月與12月分別關閉。不過，昨日部長會議中新的執政聯盟一致認為，由GDF蘇伊士子公司Electrabel公司經營的兩座機組可以繼續運轉10年，直到2025年。

福島核災後，全球31個使用核電的國家中有3個是選擇要廢核，但是現在瑞士和比利時都已轉向，只剩德國在苦撐。

能源部長瑪翰（Marie-Christine Marghem）說這是一個「無條件的前提」，比利時核安管制機構——聯邦核控制局（Federal Agency for Nuclear Control，FANC）也批准了兩座反應爐延長運轉的執照。但她指出，比利時的逐步淘汰核能的計畫，到2025年年底仍然存在。

比利時共有7個運轉中核電機組，發電量達5,943百萬瓦，可提供全國約50%的電力，但是該國的反應爐未來將何去何從一直是政治辯論的主題。2003年，當時的政府立法限制核電廠的運轉壽命只有40年，並禁止建設新的機組，這意味著該國淘汰核能就在2014年，從多爾核電廠開始。

不過2009年比利時政府卻決定讓機齡最老的核電廠可以延役10年，雖然附帶條件的要求非常苛刻——核電生產商必須每年對比利時政府的預算有「貢獻」。經過2010年的選舉和曠日廢時的過程，形成了新的政府，新的提案卻從未寫入法律。

比利時7個反應爐中有3個已經長時間停機，面對即將到來的冬季，該國可能會出現電力短缺的危機。多爾4號機在蒸汽渦輪機修復之後可運轉發電，可是多爾3號機和提漢（Tihange）2號機自2012年以來仍處於停機狀態，因為外界擔憂其反應爐壓力容器有缺陷的疑慮依然存在。

GDF蘇伊士集團的發言人引用《迴聲報》（Les Echos）的報導：「比利時的核安管制機構同意法規必須修改。」他說，為符合安全標準，延役相關作業的成本將耗資數十億歐元。Electrabel公司說，「要同意這種大規模的投資，我們需要明確的法律和經濟框架。」

資料來源：

2014/12/19, World Nuclear News, http://www.world-nuclear-news.org/NP-Belgian-government-approves-life-extensions-1912145.html

核能新聞

文．編輯室

國外新聞

不符經濟效益 日本 5 部機組將除役

根據1月15日讀賣新聞報導，日本4家電力公司已經決定除役5部核能機組，包括關西電力公司的美濱1、2號機，中國電力公司的島根1號機，九州電力公司的玄海1號機以及日本原電公司的敦賀1號機。

日本2013年公布的新法規正式提出核電廠40年運轉的限制，除了玄海1號機運轉39年外，其他4部機都已超過40年。由於都是小型發電機組，不值得耗費巨額經費去更新，以符合新的核能安全法規要求。目前超過或即將超過40年的僅剩下關西電力公司的高浜1、2號機，因屬較大型機組，關西電力公司已經決定提出申請延長運轉20年。

2015/01/15, The Japan News

全球頂尖科學家呼籲環保人士：捐棄核能成見

來自14個國家超過65位保育科學家簽署了一封公開信，敦促環保人士「承認並支持」核能，可以在對抗氣候變遷和保護生物多樣性方面發揮作用。

這些科學家表示，核能是對環境損害最小的能源之一，如果全世界要避免氣候變遷的危害，綠色運動者就應該接受核能的擴大使用。

他們說，對能源的需求不斷增加將造成自然世界越來越重的負擔，威脅其豐富的生物多樣性，除非社會各界接受核電成為能源結構中重要的組成部分。這樣一來，環保運動和壓力團體，如地球之友（Friends of the Earth）和綠色和平組織（Greenpeace）的朋友們應該放棄反對核電廠的建設。

這封信是由塔斯馬尼亞（Tasmania）大學環境永續發展部門的布魯克（Barry Brook）教授和阿德萊德（Adelaide）大學布瑞德蕭（Corey Bradshaw）教授所發起。他們以最近的一篇文章《保護全球生物多樣性中核能的關鍵作用（Key Role for Nuclear Energy in Global Biodiversity Conservation）》表達對核能的支持，發表在〈保護生物學（Conservation Biology）〉雜誌。

這封公開信是由各國著名學者簽署，包括澳洲、英國、中國、法國、瑞士、美國、加拿大、新加坡、印尼、印度、南非和土耳其。「如果人類要避免因氣候變遷引發潛在的生物多樣性災難，我們需要使用所有的工具，包括核電。」布魯克教授接著說：「在接下來的幾十年中，全球發電業必須『脫碳』，以避免氣候變遷最嚴重的蹂躪。」

除了碳排放之外，將土地轉型成生產能源之用，例如為了水力發電的浸水地區、風能和太陽能農場需要的大型空地，以及種植生質燃料的農業區，同樣會威脅到生物多樣性。

儘管環保運動歷年來一直拒絕核能，現實情況是，經過保護生物學文章的評估後，布魯克教授說：「核電在安全、成本、可擴

展性、可靠性，土地改造與碳排放方面的表現，和其他選項相比一樣好，甚或更好。」

他強調，「我們不可避免的必須接受折衷和妥協，需要提倡對環境危害降至最低的能源組合。」布魯克教授說，環保人士的口號需要從「100%的再生能源」轉變到「0%的化石燃料」。《保護全球生物多樣性中核能的關鍵作用》全文請上網：http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/cobi.12433/full。公開信的網址：http://bravenewclimate.com/2014/12/15/an-open-letter-to-environmentalists-on-nuclear-energy。

2015/01/05, NucNet News_No.1

捷克將設立新能源政策加速核電發展

於2014年剛上任的捷克新政府，在同年年底的內閣會議上討論了2040年前能源戰略修正法案，根據捷克共和國的新能源政策，將加速泰梅林（Temelin）和杜柯瓦尼（Dukovany）核電廠址的開發，期望未來核能發電能達全國總發電量的一半。

此戰略法案內容包括了鞏固捷克作為中歐國家重要天然氣中轉國的角色，修正法案中提到，國家應該「支持」與「加速」現有興建中核電機組，總建設裝置容量將達到2,500百萬瓦。儘管鄰邦的德國決議在福島事故後退出核能發電，捷克於早期就致力於目前已占發電量1/3的基礎上擴展核電。

修正後的能源戰略法案並未解決核電機組的融資問題，而該問題將對捷克國有電力公司CEZ公司於興建新機組上造成影響。2014年4月，身為中歐最大電力公司的CEZ公司因批發電價低，加上捷克政府不願提供價格保證，取消了泰梅林核電廠的擴建高達100億美元的招標。

2014/12/22, Reuters

福島電廠 4 號反應爐燃料已全部移出

由東京電力公司所營運的福島電廠，因311事故造成反應爐受損，東電已於近期完成4號反應爐核燃料移除動作。截至2014年12月中，東電已從4號反應爐燃料池中移出1,331組用過核燃料以及200組未耗盡燃料，於同年12月18日邀請媒體見證最後4組燃料的轉移。

核電廠廠長Akira Onodera表示，燃料移除工作的完成為反應爐除役前的一個里程碑，這些用過核燃料將轉移至6號反應爐的燃料池中。

工作人員仍需從1、2、3號反應爐建築中移除剩餘用過核燃料，但由於機組建築物內核燃料輻射劑量仍高，造成移除工作難度增加許多。

2014/12/21, Khon 2

世界核能學會預測 2050 年全球核能發電量將翻倍成長

根據世界核能協會（WNA）的預測，因新興國家積極發展核能發電，2050年時全球核能發電量將比現今增加一倍之多。依目前看來，因隨著核安標準日趨嚴格，民眾對於核能發電的接受度已經回到發生福島事故之前。

世界核能工業數據顯示，截至2013年底，全球427座反應爐的總發電能力為3,640億瓦，占全球發電力的11%。

世界核能協會執行長瑞新（Agneta Rising）表示，福島事故並未減緩多數國家的核電發展計畫，除了少數幾個國家之外，其他國家都非常注重核電的開發並興建新機組。瑞新女士同時也指出，全球目前有70座反應爐興建中，是為新興國家積極發展核電的信號，例如越南、土耳其、阿根廷、馬來西亞與非洲國家都著手開始計畫，其中土耳其其確定可以在5年內開始電廠興建工程，其他國家需要的時間則較長。

此外，瑞新女士還表示，目前僅有德國在福島事故後選擇退出核能發電，但目前仍很難對德國的核能發展做出判斷，因為德國並非因安全問題而是因為「政治因素」選擇關閉核電廠，而此決定也讓德國陷入無法實行降低碳排放量目標的困境。

2014/12/15, The Hindu Business

美國首次利用機器人檢查冷卻水貯存槽

美國聖安東尼奧的非破壞性檢測公司－IHI西南科技公司的工程師利用相控超聲波、渦流、雷射掃描以及高解析度攝影機的結合來檢查核電廠冷卻水貯存槽，這些設備都安裝在由牛頓實驗室（Newton Labs）的工程師製造和操作的機器人身上，該機器人能夠潛入貯存槽底部，以往這類的檢查都是以人工的方式來進行，而首次以機器人來檢查冷卻水貯存槽的檢測工作最終也順利完成。

該機器人的系統能夠通過蒐集核電廠工作人員所需要的數據，以符合核能機構對核電廠貯存槽的規範NEI09-14，此NEI規範講述了業內人士必須承擔管理核電廠的地下管路與儲存槽的義務與相關的政策與作法。而在未公開的停運期間內進行此貯存槽檢查，象徵著首次的機器人檢查已可滿足NEI09-14規範的需求。

2014/11/14, WNN

韓國提高核災賠償責任限額

韓國核安管制機構宣布，如果發生核災，核電營運商-韓國水力與核電公司（Korea Hydro and Nuclear Power，KHNP）將需拿出價值超過2,000億的保險，增加10倍的核子事故責任限額。

核安全與保安委員會（The Nuclear Safety and Security Commission，NSSC）打算增加涵蓋責任險的金額，每個電廠必須從500億韓元增加到5,000億韓元（約從5,000萬增至5億美元）。韓國的核責任法修訂後加入強制執行令，將於2015年7月1日生效。

KHNP公司被要求為旗下5個核電廠每個都保險：古里、新古里、月城、新月城和韓光。同一份保單中，在一個廠址內最多可以涵蓋達6個機組。

NSSC主席表示，修訂的法令將確保有更多的資金在「核子事故發生後，能快速、正確地補償受害者。」

無論過錯，核電廠營運商所造成的任何損失都應承擔責任，通常購買保險的第三者責任都涵蓋這一點，責任限制則是由國際公約和國家法律共同訂定。

2014/12/12, WNN

國內新聞

台北車站測出人工輻射核種 與事實不符

1月19日媒體報導國內多個車站疑存在多種人工核種，是因核電廠燒核廢料外釋，原能會澄清說明絕非事實：

1.針對民間團體「台灣環境輻射走調團」103年指稱國內有44處中54個測量點有輻射超標疑慮，經原能會派員至走調團指稱疑義地點進行複測，除清華大學生技館因早年受銫-137污染，現該館的拆除計畫已經原能會核准將拆除外，其餘疑義地點經複測後，輻射劑量率都在正常背景範圍內。現場以加馬能譜分析，確認無人工放射性物質污染，都是一般天然核種，並無報導中測量到銥-192、碘-131、銫-134、銫-137與鈽元素。

2.該團所使用的手提輻射核種分析儀器（identiFINDER 2）是碘化鈉偵檢器，其功能僅適合於環境核種初判分析使用，若在一般含天然輻射的背景環境中使用，因解析度低，容易將天然放射性物質誤判為人工放射性物質；若要精確分析環境微量的放射性元素，應送至具有高精密的純鍺能譜核種分析儀器專業實驗室分析，並提出具有誤差與可信度的偵測報告，才具有公信力。

3.經查核電廠的低放射性廢棄物焚化爐以往的運轉偵測紀錄，確認所排放的廢氣活度均遠低於法規限值，依電廠歷年環境偵測資料顯示均屬正常背景值，顯示輻射並無外洩。

4.輻射量測與數據解讀須搭配多種精密偵測儀器使用，才能獲得有公信力的數據。原能會呼籲民間團體不應將測得數據，未經專業研判即恣意公布，造成社會大眾恐慌。

2015/01/19，本刊訊

核一廠燃料束取出異常 經查無輻射外洩

台電核一廠1號機103年12月28日進行定期大修期間，在更換燃料作業時，發現其中1束燃料有取出異常的情形。台電表示，經檢查反應爐內所有的燃料都是完整沒有破損，沒有任何輻射外洩，監測數據也都一切正常。

為求慎重起見，台電已完成水底攝影及吊動測試等多項檢查，從水底攝影檢查確認所有燃料都保持完整，沒有破損跡象。另對其他燃料進行吊動測試，結果顯示正常。台電已請燃料供應的原廠技術人員協助取出該束異常的燃料，1月11日利用特殊工具將該束燃料從爐心安全退出至用過燃料池，後續將進行該燃料束的檢查作業。

原能會表示為確保機組安全，將持續追蹤台電公司處理狀況及相關改善對策的執行情形。

2015/01/12，本刊訊



事實真相： 該報導只針對核電廠半徑30公里內的人口數排名。

Q：英國自然雜誌（Nature）報導，
台灣核電廠是世界上最危險的電廠之一？

媒體說
台灣的核電廠
超危險的耶！



其實是有人誤解
『自然』雜誌的意思，
該報導**並沒有**針對全世界核電廠
進行安全評估排比。



人口密度不能作為
危險排名依據





很多核電廠鄰近人口稠密地區，
因為人口密度高的地區對電力需求自然較高。
而台電公司擁有數十年核能電廠運轉經驗，
去（2013）年更是在**國際原子能總署（IAEA）排名全世界第6名**，
可見我國整體核能營運績效表現已在世界平均水準之上。
所以請大家不要再被表面文字的排比給誤會了。

台灣沒有「最危險的核電廠」只有優質的核安文化，請大家放心！

何博士的日常豆知識

輻射變出“哥急拉”？！
何博士帶你踢爆不實謠言！

關於輻射對生物的影響，
坊間有太多不實的謠傳，
請大家不要被誤導了

別把電影情節與現實
混為一談！

案例1：**金妖獸**！輻射海怪？
這是照片合成的巨型烏賊啦！

假的！

案例2：**歐買尬**！輻射突變番茄！
錯！它是新品種～牛排番茄